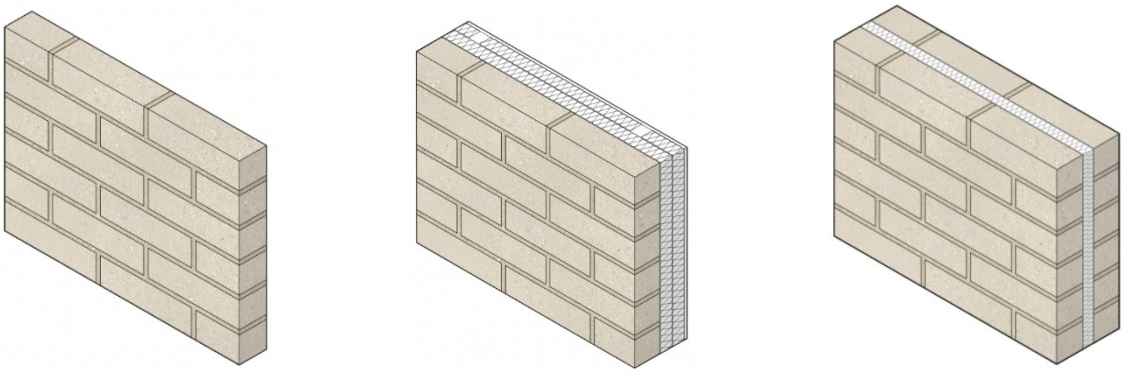
APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 2911_V1

ATEx de cas a

Validité du 10/05/2021 au 10/05/2023



Copyright : SCIC Cycle Terre

L'Appréciation Technique d'expérimentation (ATEx) est une simple opinion technique à dire d'experts, formulée en l'état des connaissances, sur la base d'un dossier technique produit par le demandeur. *(extrait de l'art. 24)*

A LA DEMANDE DE :

SCIC Cycle Terre
2 bis rue Paul Langevin 93270 Sevran

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2911_V1

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé de cloison en maçonnerie de briques de terre compressée (BTC) Cycle Terre.

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 10 mai 2021, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEx ci-dessous définie :

- demandeur : SCIC Cycle Terre
- technique objet de l'expérimentation : Cloisons maçonnées à base de briques de terre compressée. Les ouvrages visés sont les bâtiments courants définis dans le DTU 20.13, dans les locaux secs et humides de type EA, EB, EB+P. Trois configurations principales sont visées :
  - Cloisons en simple paroi ;
  - Cloisons doublées par un procédé traditionnel en plaques de plâtre ;
  - Cloisons double.

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEx 2911_V1 et résumé dans la fiche sommaire d'identification ci-annexée,

donne lieu à une :

APPRECIATION TECHNIQUE FAVORABLE A L'EXPERIMENTATION

*Remarque importante : Le caractère favorable de cette appréciation ne vaut que pour une durée limitée au **10/05/2023**, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations formulées aux §4.*

Cette Appréciation, QUI N'A PAS VALEUR D'AVIS TECHNIQUE au sens de l'Arrêté du 21 mars 2012, découle des considérations suivantes :

1°) Sécurité

1.1 – Stabilité des ouvrages

Le procédé objet de la présente ATEx se rapproche des cloisons traditionnelles visées dans le DTU 20.13. Il ne participe pas à la stabilité globale de l'ouvrage. Ce dernier devra cependant être conçu pour reprendre les charges importantes imposée par les briques pleines du procédé.

Le procédé a fait l'objet d'essais de résistance aux chocs de corps mou que ce soit pour le fonctionnement ou pour la sécurité. Les résultats permettent de conclure à l'aptitude à l'usage pour tous les locaux visés.

Les limites de dimensions sont inférieures à celles du DTU 20.13 pour des procédés similaires. Elles correspondent aux preuves expérimentales communiquées dans le dossier technique.

Moyennant le respect des prescriptions du cahier des charges, la stabilité des cloisons peut être assurée.

1.2 – Sécurité des intervenants

La mise en œuvre du procédé de cloison est assez proche des procédés traditionnels. Par conséquent les mesures de sécurité habituelles aux chantiers de cloisons maçonnées permettent d'assurer la sécurité des intervenants.

1.3 – Sécurité en cas d'incendie

Les matériaux constitutifs permettent aux briques de terre et au mortier d'être classés A1 sans essais. Pour les autres matériaux nécessaires à la réalisation des cloisons (raidisseurs, calfeutrement, isolants, doublages) il convient de se reporter aux PV ou rapport de classement de chacun d'eux.

Le procédé a fait l'objet d'un essai de résistance au feu permettant l'émission d'un procès-verbal donnant un classement EI45.

2°) Faisabilité

2.1 – Production

La fabrication est réalisée dans l'atelier situé à l'adresse du demandeur. Cet atelier est spécialisé dans la fabrication des produits à base de terre objets de la présente ATEx. Des fabrications expérimentales ont été réalisées afin de fournir la matière première aux essais réalisés. Elles démontrent la faisabilité de la fabrication.

Le processus de fabrication allant de la sélection des terres jusqu'à la mise sur le marché est visé par un plan d'assurance qualité. Les valeurs des propriétés indiquées dans le cahier des charges sont à considérer comme des minima à atteindre sauf indication contraire.

2.2 – Mise en œuvre :

La mise en œuvre ne présente pas de difficulté majeure par rapport à un procédé de cloison maçonnée traditionnel. Il convient cependant que les ouvriers soient correctement formés avant d'entreprendre la mise en œuvre du procédé afin de bien appréhender les particularités décrites dans le cahier des charges.

Une attention particulière doit être portée au rythme de montage particulier des cloisons (entre 0,95 m et 1,5 m) qui est à considérer dans la planification globale de l'opération.

2.3 – Assistance technique

Le demandeur de l'ATEx assure une assistance technique aux utilisateurs du procédé.

3°) Risques de désordres

Les risques de désordres liés à l'utilisation de terre crue sont maitrisés. Ils sont principalement reliés au comportement à l'humidité de la terre qu'elle soit stabilisée ou non. Le cahier des charges propose des dispositions permettant de gérer ces risques notamment :

- Une assise de mortier en pied de 2 cm minimum dans tous les types de pièces ;
- L'utilisation de brique de terre compressée stabilisée pour les cloisons de pièces humides (EB+P) ;
- La protection de ces mêmes cloisons par un procédé conforme au DTU 25.41 du côté de la pièce humide.

4°) Recommandations

Il est recommandé de :

- Compléter le plan d'assurance qualité de fabrication en y intégrant toutes les valeurs cibles et les tolérances. Les valeurs du cahier des charges ci-après sont à considérer comme des minima.
- Communiquer au CSTB les résultats des essais sur la matière première et les briques lors de la sélection des nouvelles terres ;
- Lorsque le procédé est utilisé dans des lieux où le maitre d'ouvrage pense qu'une sollicitation importante à l'abrasion est à prévoir, il convient de mettre en œuvre une protection mécanique.

EN CONCLUSION

En conclusion et sous réserve de la mise en application des recommandations ci-dessus, le Comité d'Experts considère que :

- La sécurité est assurée,
- La faisabilité est probable,
- Les risques de désordres sont limités.

Champs sur Marne, le 10 mai 2021

Le Président du Comité d'Experts,

Ménad CHENAF

ANNEXE 1

FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur : SCIC Cycle Terre
2 bis rue Paul Langevin 93270 Sevran

Définition de la technique objet de l'expérimentation :

Cloisons maçonnées à base de briques de terre compressée. Les cloisons peuvent être des cloisons distributives ou séparatives de logement. Trois configurations principales sont visées :

- Cloisons en simple paroi ;
- Cloisons doublées par un procédé traditionnel en plaques de plâtre ;
- Cloisons double.

Les constituants principaux sont les Briques de terre compressée et le mortier de terre. Différents formats de briques existent permettant de réaliser des parois de 9,5 à 22 cm.

Deux catégories de briques sont fabriquées :

- Les blocs non stabilisés (BTC) : ils sont composés d'un mélange de terre argileuse et de sable de 0/2 mm à 0/4 mm (environ 35% en masse), permettant une correction granulaire ;
- Les blocs stabilisés (BTCS) : un liant hydraulique (environ 5% de ciment, en masse) est ajouté à la terre pour améliorer les performances des BTC, notamment la résistance à l'humidité.

Les caractéristiques mécaniques de briques sont :

- Classe minimum de résistance selon XP P13-901 : BTC 20
- Résistance minimum garantie à l'état sec (mesurée selon la NF EN 772-1) : 2 MPa.
- Résistance minimum garantie à l'état (BTCS uniquement) : 1 MPa.
- Masse volumique apparente (selon XP P13-901) : BTC : 2 +/- 0,1 kg/dm³ BTCS : 1,9 +/- 0,1 kg/dm³.

Le mortier est produit avec les mêmes terres que les briques mais avec une correction granulaire différente (environ 70% en masse). Les briques stabilisées sont utilisées avec un mortier bâtard M2.5.

Les autres composants sont traditionnels et identiques à ceux utilisés dans le cadre du DTU 20.13.

Mise en œuvre :

La mise en œuvre diffère assez peu de celle des procédés traditionnels. Quelques points d'attention doivent cependant être portés à la connaissance des utilisateurs réalisant leur première opération. Outre les dispositions constructives spécifiques, le rythme de montage particulier des cloisons (entre 0,95 m et 1,5 m) est à considérer dans la planification globale de l'opération.

Domaine d'emploi visé :

Les ouvrages visés sont les bâtiments courants définis dans le DTU 20.13 c'est-à-dire : bâtiments destinés aux logements, à recevoir du public (ERP) et aux immeubles de bureaux, pour des conditions normales d'utilisation. Les locaux humides peuvent être de type EA, EB, EB+P. Les ouvrages nécessitant des dispositions parasismiques au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié ne sont pas visés.

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 2911_V1 et dans le cahier des charges de conception et de mise en œuvre technique (cf. annexe 2) que le fabricant est tenu de communiquer aux utilisateurs du procédé.

ANNEXE 2

CAHIER DES CHARGES DE CONCEPTION ET DE MISE EN OEUVRE

Ce document comporte XX pages.

Procédé de cloison en briques de terre

« Dossier technique établi par le demandeur »

Version tenant compte des remarques formulées par le comité d'Experts

Datée du 19 mai 2021

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEx 2911_V1.

Appréciation Technique d'Expérimentation de type A

CLOISON EN MAÇONNERIE DE BTC

CAHIER DES CHARGES LIÉ À L'ATEX DE TYPE A N°2911

VERSION DU 19 MAI 2021

ÉQUIPE DE RÉDACTION
Mathilde CHAMODOT, **AE&CC-ENSAG-UGA, CRAterre**
Eugénie CRÉTÉ, **AE&CC-ENSAG-UGA**
Luis ARLEO, **AE&CC-ENSAG-UGA**
Thierry JOFFROY**, AE&CC-ENSAG-UGA**
Arnaud MISSE, **CRAterre - Nama**
Inès TOUZARD, **Nama**
Alix HUBERT, **CRAterre**
Bakonirina RAKOTOMAMONJY, **CRAterre**
Majid HAJMIRBABA, **CRAterre**

CONTRIBUTEURS
Patrick RIBET, **amàco**
Gabin WURTZ, **amàco**
Lionel RONSOUX, **amàco**
Cécile PLUMIER, **Vessière**
Bernard SCHMITT, **Vessière**
Samuel TOCHON-DANGUY, **LASA**
Pierre BRIE, **LASA**

Ce projet est cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional à travers l'Initiative Actions Innovatrices Urbaines

MC

TABLE DES MATIÈRES

A. DESCRIPTION DU PROCÉDÉ 5
1. PRINCIPE ET DOMAINE D'EMPLOI 5
1.1. TYPES DE CLOISONS 5
1.2. LIMITES D'EMPLOI 6
1.2.1. Types de bâtiments 6
1.2.2. Zonage sismique 6
1.2.3. Dimensions 6
1.2.4. Acoustique 6
1.2.5. Thermique 6
1.2.6. Hygrométrie des locaux 6
1.2.7. Utilisation en surplomb 6
2. MATÉRIAUX 7
2.1. BLOCS DE TERRE COMPRIMÉE CYCLE TERRE 7
2.1.1. Caractéristiques mécaniques des BTC Cycle Terre 7
2.1.2. Formes et dimensions des BTC Cycle Terre 7
2.2. MORTIERS DE POSE POUR BTC CYCLE TERRE 8
2.2.1. Constituants a ajouter 8
2.2.2. Caractéristiques des mortiers 8
2.3. ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE 9
2.4. AUTRES ÉLÉMENTS RELATIFS AU DOUBLAGE DE LA CLOISON EN BTC 9
2.4.1. Ossature 9
2.4.2. Parement 9
2.4.3.Matériaux de fixation des plaques sur les ossatures 10
2.4.4. Matériaux de traitement des joints et raccords 10
2.5. FINITIONS DE LA MAÇONNERIE 10
2.5.1. Fixateur, vernis ou peinture 10
2.5.2. Enduit 10
2.5.3. Pièces humides 11
3. DESCRIPTION DE LA FABRICATION 12
3.1. VOLUMES DE PRODUCTION 12
3.2. PRÉPARATION DE LA TERRE 12
3.2.1. Préparation 12
3.2.2. Stockage des matières premières 13
3.3. PROCESSUS DE FABRICATION DES BTC 13
3.3.1. Dosage et malaxage des matières premières 13
3.3.2. Compression 13
3.3.3. Palettisation 13

MC

3.3.4. Cure et séchage des matériaux produits 13
3.3.5. Conditionnement et stockage 14
3.4. PROCESSUS DE FABRICATION DU MORTIER 14
3.4.1. Dosage et mélange des matières premières 14
3.4.2. Conditionnement et stockage 14
3.5. CONDITIONS DE TRANSPORT DES PRODUITS 14
3.6. CONTRÔLES 15
4. DIMENSIONNEMENT ET CONCEPTION 16
4.1. PRINCIPES DE CONCEPTION 16
4.2. DIMENSIONNEMENTS 17
4.2.1. Maçonnerie 17
4.2.2. Doublage en plaques de plâtre 17
4.3. DÉTAILS TECHNIQUES 17
4.3.1. Calepinage - appareillage de la maçonnerie 17
4.3.2. Raidisseurs pour la maçonnerie BTC 19
4.3.3. Fractionnement par des joints de retrait ou de dilatation 23
4.3.4. Angles en L et en T pour les cloisons doubles 24
4.3.5. Jonctions avec les ouvrages adjacents 25
4.3.6. Jonction avec les huisseries 29
4.4. PRÉCAUTIONS 31
4.4.1. Pièces humides 31
4.4.2. Passage des réseaux 32
4.4.3. Fixation de charges non structurelles 32
5. MISE EN ŒUVRE 34
5.1. PRÉPARATION DU CHANTIER ET CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE 34
5.1.1. Préparation du chantier 34
5.1.2. Conditions de mise en œuvre 35
5.2. PRÉPARATIONS POUR LA MAÇONNERIE BTC 35
5.2.1. Fixation des raidisseurs 35
5.2.2. Interfaces avec le sol, les raidisseurs, les murs, le plafond 35
5.2.3. Gâchage et utilisation des mortiers 35
5.3. POSE DES BTC 36
5.3.1. Démarrage de la maçonnerie 36
5.3.2. Pose des BTC en partie courante 36
5.3.3. Cadence de pose et limite d'élévation quotidienne 36
5.3.4. Ordre de montage pour les cloisons doubles 37
5.3.5. Coupe, taille, perçage 37
5.3.6. Jointoiement 37
5.3.7. Dernier rang de maçonnerie 37
5.4. FINITION DE LA MAÇONNERIE 38
5.4.1. Préparation 38
5.4.2. Finitions 38

MC

5.5. ENTRETIEN 39
6. COMMERCIALISATION DU PROCÉDÉ ET ASSISTANCE TECHNIQUE 39
7. FORMATION DES ENTREPRISES 40
B. JUSTIFICATIONS TECHNIQUES 41
1. SATISFACTION AUX LOIS ET RÈGLEMENTS EN VIGUEUR 41
1.1. STABILITÉ ET RÉSISTANCE MÉCANIQUE 41
1.2. STABILITÉ PARASISMIQUE 41
1.3. SÉCURITÉ EN CAS D'INCENDIE 41
1.3.1. Réaction au feu 41
1.3.2. Résistance au feu 41
1.4. AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE 41
1.5. ISOLATION THERMIQUE 42
2. APPRÉCIATION DE L'APTITUDE À L'EMPLOI 42
2.1. ESSAIS DE CHOCS DE CORPS MOUS 42
2.2. ESSAI D'ACCROCHAGE-FIXATIONS 43
2.3. MESURES DE RETRAIT 44
2.4. ESSAIS D'ARRACHEMENT D'ENDUITS 45
2.5. DURABILITÉ 45

MC

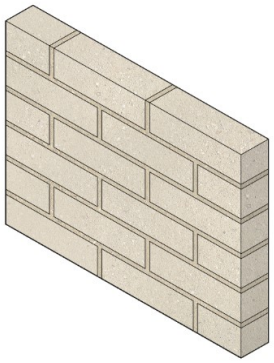
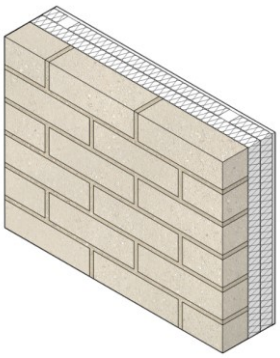
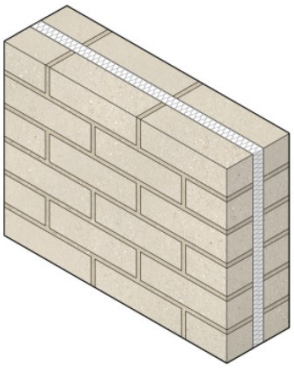
A. DESCRIPTION DU PROCÉDÉ

1. PRINCIPE ET DOMAINE D'EMPLOI

1.1. TYPES DE CLOISONS

Cette demande d'ATEx de type A porte sur la réalisation de cloisons intérieures non porteuses en blocs de terre comprimée (BTC) Cycle Terre. Ces cloisons peuvent être des cloisons distributives ou séparatives. Trois variantes sont visées : une cloison simple, une cloison doublée avec une contre-cloison conforme au DTU 25.41 et une cloison double.

Tableau 1 : Récapitulatif des variantes visées

Variante	Composition de la paroi	Schémas
Cloison simple	• Mur maçonné de 9,5 cm d'épaisseur minimum en BTC Cycle Terre hourdés au mortier à BTC Cycle Terre	 ***Fig. 1 : Exemple de cloison simple de 9,5 cm d'épaisseur***
Cloison doublée	• Mur maçonné de 9,5 cm d'épaisseur minimum en BTC Cycle Terre hourdés au mortier à BTC Cycle Terre • Isolant acoustique d'épaisseur variable selon les exigences acoustiques et thermiques • Ossature désolidarisée de la paroi en BTC • Parement en plaques de plâtre	 ***Fig. 2 : Exemple de cloison doublée avec maçonnerie de 9,5 cm d'épaisseur***
Cloison double	• Mur maçonné de 9,5 cm d'épaisseur minimum en BTC Cycle Terre hourdés au mortier à BTC Cycle Terre • Isolant acoustique d'épaisseur variable selon les exigences acoustiques et thermiques • Mur maçonné de 9,5 cm d'épaisseur minimum en BTC Cycle Terre hourdés au mortier à BTC Cycle Terre	 ***Fig. 3 : Exemple de cloison double 9,5-9,5 cm d'épaisseur***

MC

Pour faciliter la pose de la maçonnerie, il est conseillé d'étudier le calepinage et d'adapter la largeur des pans maçonnés à la dimension des BTC (cf. partie A.4.3.1. "Calepinage - appareillage de la maçonnerie").
Pour des raisons d'adaptation aux déformations du gros oeuvre, les cloisons sont désolidarisées en tête et/ou en pied, voire sur les 4 côtés (cf. partie A.4.3.5. "Jonctions avec les ouvrages adjacents").
Des raidisseurs sont disposés à chaque extrémité de la cloison, et en partie courante de cloison lorsque la longueur de la paroi dépasse celles autorisées dans le paragraphe A.4.2. "Dimensionnements".
La maçonnerie en BTC est destinée à rester apparente, mais un fixatif ou un enduit perspirants peuvent être appliqués (cf. partie A.2.5. "Finitions de la maçonnerie"). Une finition spécifique est prévue pour les pièces humides (cf. partie A.4.4.1. "Pièces humides").

1.2. LIMITES D'EMPLOI

1.2.1. TYPES DE BATIMENTS

Tous les types de constructions courantes sont visés : ERP, maisons individuelles, bâtiments de logements en collectif, bâtiments pour bureaux, constructions scolaires et tous types de bâtiments à usage commercial, industriel ou agricole.

1.2.2. ZONAGE SISMIQUE

L'utilisation de la cloison objet de cette ATEx est limitée aux programmes pour lesquels aucune vérification n'est requise selon l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010.

1.2.3. DIMENSIONS

En l'absence d'essais complémentaires et / ou de dispositions constructives spécifiques (cf partie A.4.2. "Dimensionnements"), la hauteur des cloisons est limitée à 2,60m et leur longueur entre raidisseurs à 3,50m.

1.2.4. ACOUSTIQUE

Les cloisons séparatives ont fait l'objet d'essais acoustiques en laboratoire et de calculs d'extrapolation de ces essais, afin de qualifier leur qualité d'affaiblissement acoustique. Les différentes variantes de cloisons proposées peuvent ainsi être intégrées à une grande variété de programmes : logements collectifs, hôtellerie, enseignement, santé, tertiaire, etc.
Étant donné que l'obtention de performances acoustiques in situ dépend également des autres principes constructifs propres à chaque projet (planchers, etc.), la compatibilité des cloisons avec les usages envisagés devra être confirmée par les études acoustiques propres à chaque projet, à partir des données mises à disposition par Cycle Terre (cf. partie B.1.4. "Isolement acoustique").

1.2.5. THERMIQUE

Le domaine d'emploi des cloisons doubles et doublées est limité aux locaux normalement chauffés.

1.2.6. HYGROMETRIE DES LOCAUX

L'usage des cloisons décrites dans cet ATEx est permis dans les locaux classés[1] EA (locaux secs ou faiblement humides) ou EB (locaux moyennement humides).
Dans des locaux classés EB+ privatifs, les cloisons doubles ne sont pas autorisées. De plus, les parois BTC doivent être systématiquement protégées par un doublage réalisé conformément aux dispositions décrites dans la partie A.4.4.1. "Pièces humides" et seul l'usage de BTCS (stabilisés) est autorisé, avec un mortier bâtard de type M2,5 conformément aux descriptions de l'annexe nationale de l'EC6.
L'utilisation du procédé pour des locaux classés EB+ collectifs et EC n'est pas visée par la présente ATEx.

1.2.7. UTILISATION EN SURPLOMB

Toutes les cloisons visées peuvent être utilisées en surplomb (cf. partie B.2.1. "Essais de chocs de corps mous").

[1] Au sens du document « Classement des locaux en fonction de l'exposition à l'humidité des parois » (e-cahier CSTB 3567 – mai 2006).

MC

2. MATÉRIAUX

2.1. BLOCS DE TERRE COMPRIMÉE CYCLE TERRE

Les BTC Cycle Terre utilisés pour la réalisation des cloisons sont des blocs pleins sans emboîtement conformes à la norme XP P13-901 (version octobre 2001).
Ils sont obtenus par compression de terre à l'état humide suivie d'un démoulage immédiat.

Les BTC Cycle Terre utilisables pour la réalisation des cloisons objet de cette ATEx sont de deux types :
- **Les blocs non stabilisés (BTC) :** ils sont composés d'un mélange de terre argileuse et de sable de 0/2 mm à 0/4 mm (environ 35% en masse), permettant une correction granulaire[2] ;
- **Les blocs stabilisés (BTCS) :** un liant hydraulique (environ 5% de ciment, en masse) est ajouté à la terre pour améliorer les performances des BTC, notamment la résistance à l'humidité.

Les détails et dimensionnements maximum décrits dans cette ATEx se réfèrent à une maçonnerie en BTC non-stabilisé. Il est possible de remplacer les BTC non-stabilisés par des BTC stabilisés, dont les caractéristiques mécaniques sont plus favorables. L'usage de BTCS est en particulier recommandé pour les premiers lits de maçonnerie lorsqu'une protection renforcée à l'humidité est recherchée (cf. partie A.4.3.5. "Jonctions avec les ouvrages adjacents") et dans le cas de cloisons délimitant un local EB+ privatif.

2.1.1. CARACTERISTIQUES MECANIQUES DES BTC(S) CYCLE TERRE

Classe minimum de résistance selon XP P13-901 : BTC 20
Résistance minimum garantie (mesurée selon la NF EN 772-1) : Etat sec : 2 MPa Etat humide (BTCS uniquement) : 1 MPa
Masse volumique apparente (selon XP P13-901) : BTC : 2 +/- 0,1 kg/dm^3 BTCS : 1,9 +/- 0,1 kg/dm^3
Résistance à l'abrasion (selon XP P13-901) : 2cm²/g

Cette résistance à l'abrasion correspond au seuil minimal exigé par la XP P13-901 pour des blocs destinés à être exposés à des risques d'abrasion résultants de l'activité humaine. Il est néanmoins nécessaire de mettre en œuvre une protection mécanique du mur dans les zones où les risques d'érosion sont particulièrement importants.

Ces valeurs sont des valeurs minimales garanties dans le cadre du plan d'assurance Qualité de la Fabrique Cycle Terre.

2.1.2. FORMES ET DIMENSIONS DES BTC CYCLE TERRE

Les BTC Cycle Terre utilisés pour les cloisons sont des blocs parallélépipédiques. Ils peuvent être classés dans le groupe 1, Éléments pleins ou constitués de trous de faible importance selon l'Eurocode 6[3].

Dimensions
Leurs dimensions (mesurées selon XP P13-901) sont :
- **L 315 x l 150 x h 95 mm pour les BTC Cycle Terre format "classique",**
- **L 315 x l 95 x h 95 mm pour les BTC Cycle Terre format "parement",**
- **L 220 x l 220 x h 95 mm pour les BTC Cycle Terre format "carré".**

Les tolérances dimensionnelles sont celles de la XP P13-901 (+- 3mm sur l'épaisseur et la longueur et +5/-2 sur la hauteur).

D'autres formats de BTC peuvent être produits à la demande pour utilisation dans le cadre de cette ATEx.

Empreintes
Les BTC de format parement sont munis d'empreintes en creux, de dimensions 250 x 20 x 8 mm, situées sur les deux faces de pose des BTC. Les BTC de format classique sont proposés avec ou sans empreintes. La ou les faces vues sont réalisées de manière à constituer le parement fini du mur.

[2] Les granulats pour BTC sont conformes à la norme NF EN 13139.

[3] Tableau 3.1 de l'Eurocode 6 - groupe 1 : bloc dont le pourcentage de volume des alvéoles (trous, réservation, évidemment...) est inférieur à 25 %.

MC

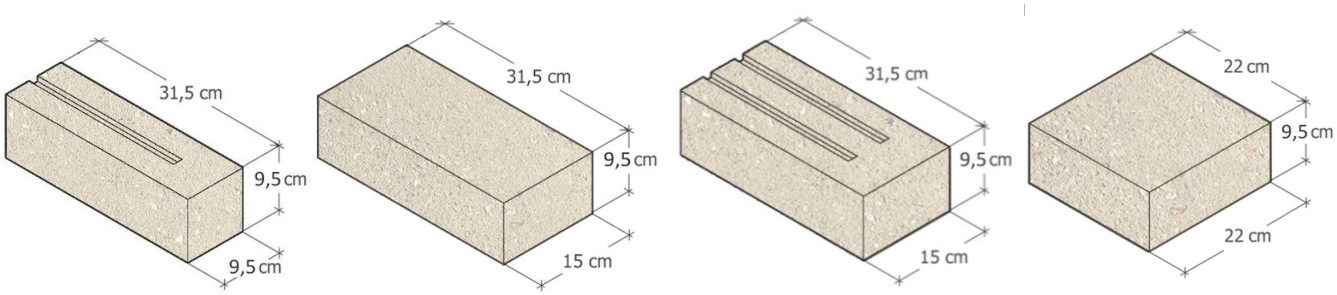


Fig. 4 : BTC Cycle Terre utilisés pour les cloisons : format parement avec empreinte, format classique sans empreinte, format classique avec empreintes, format carré sans empreinte

2.2. MORTIERS DE POSE POUR BTC CYCLE TERRE

La pose des BTC est exécutée avec le mortier à BTC "terre" Cycle Terre prêt à l'emploi.
Le mortier pour BTC Cycle terre est composé d'un mélange de terre argileuse, identique à la terre des BTC, et de sable[4] permettant une correction granulaire. La fraction sableuse est plus importante afin d'améliorer la maniabilité tout en diminuant le retrait (environ 70% en masse). Le sable utilisé est un sable 0/2 mm à 0/4 mm.
Dans le cas où des BTC stabilisés seraient utilisés, il est recommandé d'utiliser un mortier bâtard de type M2,5 conformément aux descriptions de l'annexe nationale de l'EC6.

2.2.1. CONSTITUANTS A AJOUTER

Liants :
Les caractéristiques mécaniques[5] du mortier de pose doivent être adaptées aux BTC utilisés : classe de résistance et stabilisation. Dans le cas de BTC stabilisés, le même liant entrant dans la composition des blocs doit être ajouté au mortier sur chantier, suivant le dosage de recette Cycle Terre prescrit (cf. guide de pose). Le liant doit porter le marquage CE.

Eau de gâchage :
L'eau de gâchage d'un mortier doit être propre (eau claire et non acide), et en particulier répondre aux prescriptions de la norme NF EN 1008.
L'eau potable convient pour la réalisation des mortiers.

2.2.2. CARACTERISTIQUES DES MORTIERS

Les mortiers Cycle Terre préconisés pour la réalisation des cloisons présentent les performances suivantes :

Tableau 2 : Récapitulatif des caractéristiques du mortier et des recettes

Caractéristiques	**Valeurs**	***Protocole de mesure***
Masse volumique sèche	1750 kg/m^3	*Valeur moyenne mesurée selon EN 1015-6*
Résistance minimum en compression	2 MPa	*Valeur moyenne mesurée selon EN 1015-11*
Résistance à la traction (par flexion)[6]	0,6 MPa	*Valeur moyenne mesurée selon EN 1015-11*

[4] Les granulats pour mortiers sont conformes à la norme NF EN 13139.
[5] Les mortiers seront caractérisés (résistance à la compression) sur la base de la norme NF EN 1015-11.
[6] Cette valeur est donnée à titre indicatif. Elle n'est pas utilisée dans les justifications techniques.

MC

2.3. ISOLANT THERMIQUE ET ACOUSTIQUE

Dans le cas de cloisons doublées ou de cloisons doubles, l'isolant est une laine minérale conforme au DTU 20.13.
.
De plus, afin de ne pas porter atteinte à la capacité de régulation hygrothermique de la terre crue et d'éviter tout problème de condensation, l'utilisation d'un matériau isolant étanche aux transferts d'humidité est proscrite. Il est conseillé que l'isolant utilisé soit très perméable à la vapeur d'eau, c'est-à-dire tel que sa résistance à la diffusion de la vapeur d'eau Sd soit inférieure à celle des parois maçonnées en BTC.
Le facteur de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau des BTC est de l'ordre de $\mu = 10^7$, soit une valeur Sd pour un mur de 9,5 cm d'épaisseur de 0,95 m et pour un mur de 15 cm d'épaisseur de 1,5 m. Le μ de nombreux matériaux isolants étant inférieur à 2, le respect de cette recommandation est simple au vu des épaisseurs d'isolants envisagées.

L'épaisseur de l'isolant ainsi que ses caractéristiques thermiques et acoustiques sont laissées à l'appréciation de la maîtrise d'œuvre de l'opération en fonction des exigences acoustiques et thermiques du projet.
Dans le cas des cloisons doubles, un isolant fibreux mis en œuvre dans la lame d'air apporte une amélioration acoustique significative. L'isolant peut remplir l'intégralité de la cavité, ou une petite lame d'air peut être laissée d'un côté (de l'ordre d'un ou deux centimètres).

2.4. AUTRES ÉLÉMENTS RELATIFS AU DOUBLAGE DE LA CLOISON EN BTC

Le doublage de la cloison doublée est constitué de plaques de plâtre. Ces éléments, ainsi que l'ossature, les matériaux de fixation et de traitement des joints et raccords, doivent être conformes au DTU 25.41 P1-2.

2.4.1. OSSATURE

L'ossature du doublage, en métal, est désolidarisée de la paroi en BTC. Elle devra être dimensionnée pour supporter le parement. Elle doit permettre une largeur d'appui des plaques d'au moins 35 mm en partie courante et 50 mm au droit des joints entre deux plaques pour une fixation par vissage.

Les profilés utilisés sont :

- montants en C (ossature verticale) ;
- rails ou lisses en U (ossature horizontale) ;
- cornières en L (rives).

Les ailes des montants et la base des fourrures ont une largeur d'aile minimale de 35 mm pour permettre un appui des plaques tant en partie courante qu'au droit d'une jonction entre deux plaques. Pour les profils en forme de U (rail) ou de L (cornière) n'ayant pas de fonction d'appui au niveau des jonctions périphériques entre plaques, la largeur de l'aile assurant le support des plaques est ramenée à 28 mm.

Les éléments d'ossature métallique sont constitués de profilés en tôle d'acier protégée contre la corrosion. Ils doivent être conformes à la norme NF EN 14195. La protection contre la corrosion est assurée par galvanisation à chaud conformément à la norme NF EN 10327. Le grammage minimum de zinc de la protection est de :

- Z140 pour les montants et fourrures et oméga correspondant à une épaisseur de 0,02 mm ;
- Z275 pour les rails et cornières, correspondant à une épaisseur de 0,04 mm.

L'épaisseur minimale de tôle (valeur nominale tolérance déduite) avec protection est de :

- 0,56 mm (valeur hors protection [épaisseur du cœur] 0,54 mm) pour les profilés montants et fourrures pour une masse du revêtement de zinc Z140 ;
- 0,50 mm (valeur de rejet hors protection [épaisseur du cœur] 0,46 mm) pour les rails et cornières pour une masse de revêtement Z275.

Un autre mode de protection peut être utilisé à condition qu'il offre des garanties au moins équivalentes (exemple : Alu Zinc).

2.4.2. PAREMENT

Les plaques de plâtre doivent être conformes à la norme NF EN 520.

[7] *Etat de l'art Caractéristiques hygrométriques, mécaniques et thermiques de la terre crue*, CRAterre, 2011

MC

2.4.3. MATÉRIAUX DE FIXATION DES PLAQUES SUR LES OSSATURES

Il s'agit de vis qui sont destinées à la fixation des plaques de plâtre sur l'ossature et la fixation d'éléments d'ossature entre eux. Pour la fixation des plaques sur ossature, les vis comportent une tête de profil adaptée à cet usage, dite tête «trompette». Ces vis présentent les caractéristiques de forme et dimensions indiquées dans le DTU 25.41 P1-2. Elles sont protégées contre la corrosion par phosphatation ou cadmiage assurant une protection des vis résistant, pendant au moins 24 h, à l'essai au brouillard salin. Un autre mode de protection peut être admis à condition qu'il offre des garanties au moins équivalentes.

2.4.4. MATÉRIAUX DE TRAITEMENT DES JOINTS ET RACCORDS

Le système enduit et bandes papier associées sera utilisé. L'enduit sera choisi en fonction de son temps d'utilisation, de la nature de l'ouvrage et des conditions ambiantes.
Les matériaux seront conformes à la norme NF EN 13963.

2.5. FINITIONS DE LA MAÇONNERIE

Les surfaces des parois de BTC destinées à rester apparentes ne nécessitent pas de finition spécifique hormis le jointoyage ou le rejointoyage éventuel. Cependant d'autres finitions telles qu'un fixateur ou un enduit dit "perspirant" peuvent être réalisées. Une finition spécifique est prévue pour les pièces humides.

2.5.1. FIXATEUR, VERNIS OU PEINTURE

La maçonnerie de BTC est destinée dans la plupart des cas à rester apparente sans traitement particulier de finition.
Toutefois, sur les murs très sollicités (contact par frottement), il est possible d'appliquer un fixateur, un vernis (type vernis pour support pierre) ou une peinture (type peinture à base minérale), pour éviter que des poussières ou grains fins ne se détachent du mur.
Il conviendra alors d'employer des solutions non filmogènes et perméables à la vapeur d'eau.
Il faudra se référer aux caractéristiques et aux fiches produits des fabricants pour vérifier la compatibilité avec le support terre crue. Il s'agit souvent de produits à badigeonner ou à pulvériser sur les surfaces à traiter. Quelques références commerciales existent, citons par exemple les produits de type Tierrafix Nature et Harmonie®.

Il existe également de nombreuses recettes faites de différents adjuvants, liquides ou en poudre, qui sont adaptés aux supports en BTC et généralement utilisées pour la finition des enduits[8]. Ce sont la plupart du temps des recettes ou produits à base de caséine, de sel d'alun, de méthylcellulose (colle à papier peint), des badigeons à base de chaux ou des solutions à base d'huile.
Il conviendra alors de pratiquer des essais sur des surfaces d'environ 1 m² afin de vérifier la bonne compatibilité de la recette avec le support.

Ce type de produit suffit généralement à limiter l'érosion du mur dû à des frottements. Il est néanmoins nécessaire de mettre en œuvre une protection mécanique du mur dans les zones où les risques d'érosion sont particulièrement importants.

2.5.2. ENDUIT

Les mortiers d'enduits Cycle Terre produits par la fabrique peuvent être utilisés comme enduits sur les maçonneries de BTC.
Il est rappelé que les mortiers d'enduits Cycle Terre sont produits à partir de la même terre que celle utilisée pour les BTC et BTCS, que leur formulation est très proche de celle du mortier de pose, et que l'ajout de sable dans les mortiers et enduits réduit leur sensibilité au gonflement / retrait.

Par ailleurs, la résistance à l'arrachement des mortiers d'enduits Cycle Terre sur maçonnerie en BTC Cycle Terre est compatible avec les exigences des règles professionnelles pour la mise en œuvre des enduits sur supports composés de terre crue[8] (cf. B.2.4. "Essais d'arrachement d'enduits").

[8] *Règles professionnelles, Enduits sur supports composés de terre crue*, Réseau Écobâtir, éditions Le Moniteur, Paris, septembre 2013.
Guide des bonnes pratiques de la construction en terre crue - enduit en terre, ARESO, ARPE Normandie, AsTerre, ATOUTERRE, CAPEB, Collectif des terreux armoricains, FFB, Fédération des SCOP du BTP, Maisons paysannes de France, Réseau Écobâtir, TERA, décembre 2018.
Argiles et biopolyméres : les stabilisants naturels pour la construction en terre, Vissac, Aurélie, Ann Bourgès, David Gandreau, Romain Anger, et Laetitia Fontaine. Villefontaine : CRAterre, 2017.

MC

Dans le cas où un autre enduit serait utilisé, le concepteur s'assurera de sa compatibilité avec le support en maçonnerie BTC Cycle Terre selon les Règles Professionnelles pour la mise en œuvre des enduits sur supports composés de terre crue[9].

2.5.3. PIECES HUMIDES

Les murs en BTC des locaux EB et EB+ devront recevoir (cf. partie A.4.4.1. "Pièces humides") :

- un doublage en blocs de ciment ou en briques plâtrières, séparé par une lame d'air. Sur ce doublage, est mis en œuvre une étanchéité de type liquide suivie d'une finition de type faïence,
- ou un doublage en plaques de plâtre hydrofuges, une étanchéité liquide et une finition de type faïence.

La face opposée au local humide ne doit pas être recouverte d'un revêtement étanche à la vapeur d'eau.

Pour les autres types de locaux, s'il existe un risque de projections ou de stagnations d'eau régulières, un traitement de surface devra protéger les murs en BTC non-stabilisé (cf. 2.5.1. et 2.5.2).

[9] *Règles professionnelles, Enduits sur supports composés de terre crue*, Réseau Écobâtir, éditions Le Moniteur, Paris, septembre 2013.

MC

3. DESCRIPTION DE LA FABRICATION

3.1. VOLUMES DE PRODUCTION

Capacité moyenne prévue sur les trois premières années de production du site :
BTC et BTCS : 5000 t/an (environ 380 000 blocs/an) soit 11 500 m² de mur maçonné de 15 cm d'épaisseur
Mortier : 920 t/an

Ces BTC(S) sont produits sur le site de la Fabrique Cycle Terre : 2 bis rue Paul Langevin à Sevran (93270).

3.2. PRÉPARATION DE LA TERRE

3.2.1. PREPARATION

La préparation de la terre (homogénéisation, criblage, séchage) est externalisée auprès du groupe ECT, partenaire Cycle Terre spécialisé dans la valorisation de terres inertes et autres déblais de chantiers. Une fois la terre d'un chantier d'excavation sélectionnée, un stock sous forme de tas de l'ordre de 5000 t de terre issue du même gisement est constitué.
La terre est sélectionnée conformément au processus décrit dans le Plan d'Assurance Qualité de la Fabrique Cycle Terre, c'est-à-dire :

- Etape 1 : Pré-sélection d'un chantier d'excavation sur la base d'une analyse des études géotechniques (G1 ou G2 AVP) et environnementales de préparation de chantier ;
- Etape 2 : Confirmation de la conformité de la terre excavée via la réalisation des essais suivants : granulométrie et sédimentométrie (selon protocole NF EN ISO17892-4), limites d'Atterberg et indice de plasticité (selon protocole NF EN ISO 17892-12). Si les essais précédents confirment l'intérêt de la terre, évaluation du retrait et de la cohésion sèche de la terre par essai Sandrammer (voir protocole en fiche P1 du CPU).
- Etape 3 : Confirmation de la conformité des produits obtenus par la réalisation des essais suivants :
  - Vérification des performances sur BTC et BTCS

Mesures	Protocole de mesure
Masse volumique apparente (MVA)	XP P 13-901
Résistance à la compression : En cas de validation, essai complémentaire :	NF EN 772-1 XP P13-901
Résistance à l'abrasion	XP P13-901
Essai de perte de masse en immersion (BTCS uniquement)	Voir fiche P3 du CPU

  - Vérification des performances sur mortier

Mesures	Protocole de mesure
Retrait linéaire	Voir fiche P4 du CPU
Résistance à la compression	NF EN 1015-11 : 2000
Résistance à la traction / flexion	NF EN 1015-11 : 2000
Adhérence mortier sur bloc	Voir fiche P5 du CPU

  - Vérification des performances sur enduit :

Mesures	Protocole de mesure
Résistance à l'abrasion	Voir fiche P6 du CPU
Adhérence de l'enduit au support	Voir fiche P7 du CPU

Suite à la réalisation de ces essais et en cas de confirmation de la sélection de la terre, les rapports d'essai correspondants seront envoyés au CSTB.

La terre dédiée à la production de BTC(S) est séchée à l'air libre puis broyée à 10 mm, avant d'être à nouveau séchée sous couvert.
La terre dédiée à la production de mortier est séchée à l'air libre puis broyée à 2 mm et mise en big bag.

MC

A chaque étape de préparation (minimum 4), un tas de terre est produit par empilement de couches horizontales et repris ensuite par une exploitation frontale et sur toute l'épaisseur de la couche (ou sur une forte épaisseur) de façon à recouper la stratification des couches empilées et permettre ainsi une bonne homogénéisation du lot de terre.
La terre est transportée par camion de la zone de préparation à la Fabrique Cycle Terre, zone de production des matériaux.

3.2.2. STOCKAGE DES MATIERES PREMIERES

La terre homogénéisée et le sable sont stockés dans des boxs de stockage. Afin de conserver le taux d'humidité des terres livrées, les espaces de stockage sont couverts et leur sol empêche les remontées capillaires. Des murets délimitent les différents boxs de stockage et évitent la contamination des différents matériaux entre eux.
Les liants destinés à la fabrication des BTCS sont stockés en sac ou en big-bags sur palettes, sous abri, protégés de la pluie, des remontées d'humidité du sol par capillarité et des projections de boue.
Les différents types de liant nécessaires à la fabrication présentent un stockage séparé pour éviter des erreurs ou des mélanges accidentels.

3.3. PROCESSUS DE FABRICATION DES BTC

3.3.1. DOSAGE ET MALAXAGE DES MATIERES PREMIERES

Le mélange des matières premières se fait à l'aide d'une centrale de mélange de type « centrale à béton ». La terre et le sable sont transportés par un chargeur depuis les espaces de stockage. Ils sont chargés dans les 2 trémies alimentatrices doseuses de la centrale de mélange. Les trémies alimentent automatiquement le malaxeur planétaire de la centrale grâce à l'unité de commande de la centrale selon la formulation du mélange à produire. Le malaxeur est pourvu d'un système de pesée intégré, d'équipements de dosage et d'une unité de commande pilotée par logiciel. Pour les BTC stabilisés, le liant est dosé à l'aide d'une trémie crève-big bag et transporté par un convoyeur à vis directement dans le malaxeur. Le malaxeur mélange les matières à sec, puis les matières premières sont humidifiées dans le malaxeur. Un système de pulvérisation d'eau intégré au malaxeur permet une bonne répartition de l'eau pour assurer un mélange rapide et homogène. L'eau est dosée automatiquement grâce à l'unité de commande de la centrale. Un temps de malaxage minimum est défini dans le plan de contrôle qualité de la Fabrique pour permettre l'obtention d'un mélange homogène.

3.3.2. COMPRESSION

La compression des BTC se fait à l'aide d'une presse hydraulique à double compression verticale spécialement conçue pour la production de blocs de terre comprimée. La production se fait par campagnes de matériaux, la presse produisant alternativement des BTC stabilisés ou non stabilisés. Une trémie doseuse est alimentée en mélange prêt à l'emploi depuis le convoyeur à bande provenant de la centrale de mélange. Située au-dessus de la presse, elle dose automatiquement la matière nécessaire à une pression selon les données du poste de commande. Le séquençage entre la centrale en amont et la presse n'étant pas automatisé, ce sont les opérateurs de la presse et de la centrale qui surveillent le bon déroulement de l'alimentation en mélange de la trémie doseuse de la presse depuis la centrale.
Des moules interchangeables permettent de produire des blocs de différentes dimensions. Un à quatre BTC peuvent ainsi être produits à chaque action de compression.

3.3.3. PALETTISATION

La palettisation des blocs est assurée par un bras robotisé automatisé selon un calepinage adapté au type de bloc produit. Un convoyeur à rouleaux en sortie de presse convoie les blocs vers le robot implanté dans une zone de travail sécurisée.

3.3.4. CURE ET SECHAGE DES MATERIAUX PRODUITS

Séchage des BTC non stabilisés
En sortie de production, les palettes de BTC sont emmenées par chariot élévateur dans une zone couverte hors gel pour séchage pendant 1 semaine minimum. A la fin de ce délai, les palettes sont transportées en zone de stockage sous abri où elles sèchent durant 3 semaines minimum.

Cure humide des BTC stabilisés
Les BTC stabilisés doivent effectuer une cure en atmosphère humide durant environ 3 semaines pour éviter l'évaporation trop rapide de l'eau et favoriser une meilleure prise/hydratation des liants. Ceci permet d'obtenir les caractéristiques attendues du liant durci (résistance en compression, résistance au gel-dégel, durabilité, étanchéité, etc.).

MC

Les palettes de BTC stabilisés sont filmées immédiatement après production pour permettre cette cure humide. Elles sont transportées, par chariot élévateur, dans une zone couverte hors gel pour une durée minimale de 7 jours. A la fin de ce délai, les palettes sont transportées par chariot élévateur en zone de stockage couverte extérieure où elles finiront leur séchage pendant 3 semaines minimum.

La campagne de vérification du bon déroulement de ces phases de cure et de séchage est décrite dans le CPU de la Fabrique.

3.3.5. CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Les palettes de BTC sont ensuite filmées avec des housses en plastique thermo-rétractables à l'aide de pistolets de rétraction gaz. Jusqu'à leur livraison, les palettes filmées sont stockées sur des racks extérieurs abrités.
Les blocs sont vendus :

- en palette Europe d'environ 1 tonne filmée, soit 116 blocs format classique
- à l'unité.

3.4. PROCESSUS DE FABRICATION DU MORTIER

Le mortier de pose pour BTC produit par Cycle Terre est produit en sac de 25 kg ou en big-bag d'1 t.
L'ajout d'un liant, si nécessaire, s'effectue sur le chantier suivant les proportions des recettes prescrites par Cycle terre (cf. guide de pose).

3.4.1. DOSAGE ET MELANGE DES MATIERES PREMIERES

Le mélange des matières premières se fait à l'aide de la centrale de mélange également utilisée pour la ligne BTC, de type « centrale à béton mobile ». La terre et le sable sont transportés par un chargeur depuis les espaces de stockage. Ils sont chargés dans les 2 trémies alimentatrices doseuses de la centrale de mélange. Les trémies alimentent automatiquement le malaxeur planétaire de la centrale grâce à l'unité de commande selon la formulation du mélange à produire. Le malaxeur est pourvu d'un système de pesée intégré, d'équipements de dosage et d'une unité de commande par ordinateur. Il mélange des matières sèches, soit à un taux d'humidité en masse inférieur à 4 %.
Un temps de malaxage minimum est défini pour permettre l'obtention d'un mélange homogène.

3.4.2. CONDITIONNEMENT ET STOCKAGE

Conditionnement en big-bags d'1 tonne
L'ensemble de la production de mortier est conditionné en big-bags à l'aide d'une station de remplissage à big-bags. Le mélange est déversé par un convoyeur à bande directement dans la trémie d'alimentation d'une station de remplissage de big-bags. Il passe au travers d'un tamis de sécurité vibrant afin de s'assurer de sa granulométrie < 2 mm. La station remplit l'équivalent d'un mélange de la centrale dans un big-bag, de l'ordre de 0,7 à 0,8 m^3 (+/- 1 tonne).

Conditionnement en sacs de 25 kg
Environ 50 % des big-bags de mortier sont reconditionnés en sacs de 25 kg par un poste d'ensachage semi-automatique. Un big-bag de mortier est positionné sur le poste de vidange à big-bags installé au-dessus de l'ensacheuse. L'opérateur positionne un par un des sacs "à gueule ouverte" vides sur l'ensachoir et déclenche le remplissage. Un système de pesée automatique permet d'arrêter le remplissage du sac. Le sac plein est lâché sur un convoyeur qui l'évacue vers un conformateur automatique pour y être cousu. Un convoyeur à rouleaux achemine les sacs pleins vers le poste de palettisation manuel.
Les palettes de 40 sacs de mortier, d'environ 1 tonne, sont filmées avec des housses plastiques thermo-rétractables à l'aide de pistolets de rétraction gaz.

Les big-bags et palettes de sacs sont stockés sur des racks dans un espace couvert et protégé des remontées d'humidité jusqu'à leur livraison. Le mortier est vendu :

- en sacs de 25 kg, conditionnés en palettes de 40 sacs
- en sacs de 25 kg, à l'unité
- en vrac, conditionné en big-bag (environ 1 t)

3.5. CONDITIONS DE TRANSPORT DES PRODUITS

- Palettes de BTC avec housses thermo-rétractées

MC

- Palettes de sacs de 25 kg de mortier avec housses thermo-rétractées
- Big-bags de mortier

3.6. CONTRÔLES

L'ensemble des étapes de la production est soumis à un Contrôle Qualité précis dont chacune des étapes est décrite dans le CPU de la Fabrique. Ce document rassemble les procédures de contrôle liées à la sélection des terres et à leur réception au centre de préparation, à leur préparation, à la réception des autres matières premières, à la production des BTC, à leur cure et à leur séchage, et à la production du mortier et des enduits.

MC

4. DIMENSIONNEMENT ET CONCEPTION

4.1. PRINCIPES DE CONCEPTION

Caractéristiques mécaniques de la maçonnerie BTC
La maçonnerie de BTC résiste bien en compression, mais mal en traction, flexion et cisaillement, il faut éviter ce type de sollicitations et limiter les actions de type poinçonnement.

Principe structurel
Les cloisons n'assurent pas de fonction structurelle (non porteuses, non contreventantes). Elles sont autoporteuses. Elles sont encadrées par des raidisseurs. À partir d'une certaine longueur, des raidisseurs intermédiaires sont obligatoires (cf. parties A.4.2. "Dimensionnements" et A.4.3.2. "Raidisseurs pour la maçonnerie BTC").

Déformations du gros œuvre
Les cloisons sont désolidarisées en pied et/ou en tête de mur, conformément au DTU 20.13. La désolidarisation pourra être soit de 10 mm en pied de cloison, soit de 5 mm en pied et 5 mm en tête de mur.
Les flèches nuisibles (ou actives) de la structure primaire autorisées sont au maximum de 10mm ou 1/500^{e} de leurs portées, que la structure primaire soit en bois, en métal ou en béton, sauf dispositions techniques de jeu particulières définies en concertation avec le bureau d'étude structure.

Déformation de la maçonnerie sous son poids propre
Avec des modules instantanés et long terme de respectivement 1000 et 400 MPa, le fluage de la cloison sous son poids propre est infra-millimétrique.

Joints de dilatation
Le retrait de la maçonnerie lors du séchage est de l'ordre de 0,05 mm/m. Des joints de dilatation spécifiques ne sont pas nécessaires dans la mesure où la maçonnerie est régulièrement recoupée par des raidisseurs. Les joints de dilatation de la structure doivent être prolongés au niveau des cloisons (cf. A.4.3.3. "Fractionnement par des joints de retrait ou de dilatation").

Résistance au feu
La performance EI45 est assurée pour des maçonneries en BTC avec raidisseurs et ossature porteuse en béton (cf. B.1.3.2. "Résistance au feu"). Pour les cloisons avec raidisseurs et ossature porteuse en bois, le EI30 peut être assuré par un doublage en plaques de plâtre. D'autres mesures de EI sont en cours ou prévues, notamment pour valider la résistance au feu des cloisons maçonnées apparentes en BTC en ossature bois. Se rapprocher de Cycle Terre pour connaître les performances obtenues et les détails de mise en œuvre associés.

Principes acoustiques
- Étanchéité à l'air de la paroi en partie courante : soigner le jointoiement (cf. A.5.3.6. "Jointoiement").
- Un soin particulier sera apporté au calfeutrement des interfaces, notamment sur les côtés désolidarisés (interposition de bandes résilientes, de joints mousse expansée, de mastics, de tasseaux, cornières et autres systèmes à recouvrement etc.) afin de limiter les transmissions acoustiques parasites (court-circuits) (cf. A.4.3.5. "Jonctions avec les ouvrages adjacents" et A.5.4.1. "Préparation"). Il appartient au concepteur de produire les études acoustiques d'adaptation des détails d'interfaces en fonction du contexte de mise en œuvre et des performances acoustiques recherchées. L'obtention in situ des performances acoustiques mesurées en laboratoire est très sensible à la bonne gestion des interfaces périphériques des cloisons.

Pour les cloisons doubles et les cloisons doublées :
- L'ajout d'un isolant fibreux dans la lame d'air permet d'augmenter significativement l'affaiblissement acoustique.
- Veiller à ce qu'aucun élément de structure, ossature, tasseau, etc. ne vienne créer un contact entre les deux parois, au risque de dégrader significativement les performances d'affaiblissement acoustique de la cloison double ou doublée.

Nota : L'ajout d'un enduit sur une ou deux faces, ou l'ajout d'un vernis ou d'un fixateur, conduit généralement à une légère amélioration de l'affaiblissement acoustique de la paroi, notamment pour les cloisons simples non doublées de 9,5 et 15 cm (de l'ordre de 1 à 2 dB pour un bouche-pores, et plus pour un enduit en fonction de son épaisseur).

MC

4.2. DIMENSIONNEMENTS

4.2.1. MAÇONNERIE

Le dimensionnement de la maçonnerie est réalisé par justification de sa tenue au choc de sécurité, conformément au DTU 20.13. Un premier essai aux chocs mous réalisé selon la norme NF P 08-301 valide une mise en œuvre avec hauteur maximale de 260 cm et longueur maximale de 350 cm.
D'autres essais aux chocs mous réalisés selon cette norme pourront venir valider des dimensions supérieures, dans la limite des dimensions maximales suivantes :

- Hauteur : Un élancement maximal de 20 est autorisé, dans la limite de 4m de haut, soit 3m de haut pour une maçonnerie de 15cm d'épaisseur et 4m de haut pour une maçonnerie d'épaisseur supérieure ou égale à 20cm ;
- Longueur : Une longueur maximale égale à 26 x (e + 1,5) + 1,5, avec e l'épaisseur du mur, dans la limite de 8m de long, soit 430 cm pour une maçonnerie de 15cm d'épaisseur et 612 cm pour une maçonnerie de 22cm d'épaisseur ;
- Diagonale : La longueur de la diagonale, en élévation, du pan de maçonnerie ne sera pas supérieure à 40 fois l'épaisseur du mur ;
- Dans tous les cas, respecter les dimensions maximales autorisées par le DTU 20.13, c'est-à-dire en particulier une surface de pan maçonné inférieure à 25m².

Pour des maçonneries d'épaisseurs supérieures à 9,5 cm, des hauteurs supérieures à 260 cm pourront également être mises en œuvre par intégration d'un raidisseur horizontal dimensionné conformément aux règles de dimensionnement de l'EC6.

Dans le cas de cloisons d'épaisseur supérieure ou égale à 20 cm, le BET structure de l'opération pourra s'appuyer sur la réalisation d'un essai aux chocs pour autoriser la pose de la cloison avec bords libres.

4.2.2. DOUBLAGE EN PLAQUES DE PLATRE

Dans le cas d'une cloison doublée, l'ossature du doublage sera dimensionnée conformément au DTU 25.41 (cas A).

4.3. DÉTAILS TECHNIQUES

4.3.1. CALEPINAGE - APPAREILLAGE DE LA MAÇONNERIE

Calepinage
Le dessin du calepinage des maçonneries sera réalisé avant le lancement des travaux par l'entreprise en charge des documents d'exécution, maîtrise d'œuvre ou entreprise de construction selon les cas.
Afin d'identifier les problèmes de superposition des joints verticaux, il est conseillé de réaliser les plans :

- des deux premières assises ;
- des assises particulières le cas échéant.

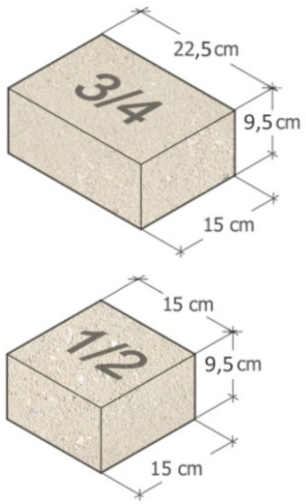
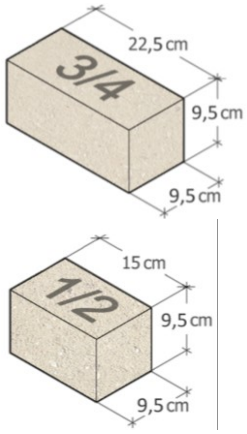
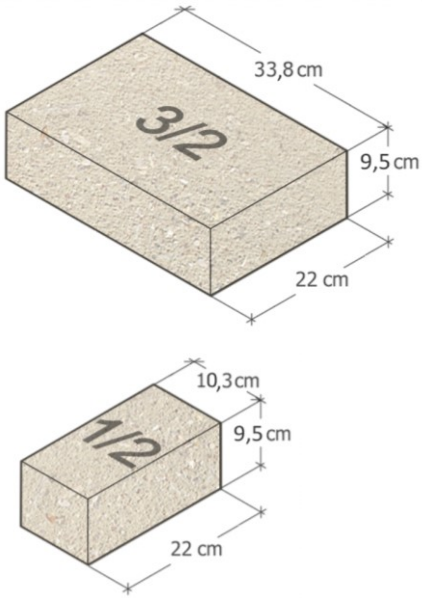
Le calepinage permet de déterminer avec précision :

- la manière dont les blocs sont disposés (notamment pour prendre en compte les cas particuliers tels que les angles, les jonctions, les baies) ;
- les types de blocs nécessaires (entiers et fractions de blocs : ½, ¾, etc.) ;
- le nombre de blocs de chaque type.

Dimensions des éléments de maçonnerie
Les maçonneries de BTC sont appareillées avec des blocs entiers ou des fractions de bloc, de préférence, ¾ et ½ pour les BTC formats classique et parement et 3/2 et ½ pour les BTC format carré.
Il est possible de découper les blocs sur chantier de façon à adapter la taille du bloc à la longueur de mur souhaitée. Il est **proscrit d'utiliser des blocs de dimension inférieure au ¼ bloc**.

MC

Tableau 3 : Récapitulatif des éléments de maçonnerie complémentaires

Format de BTC	Classique	Parement	Carré
Éléments de maçonnerie complémentaires	 ***Fig. 8 : Éléments de maçonnerie ¾ et ½ pour la maçonnerie en BTC de format classique***	 ***Fig. 9 : Éléments de maçonnerie ¾ et ½ pour la maçonnerie en BTC de format parement***	 ***Fig. 10 : Éléments de maçonnerie 3/2 et ½ pour la maçonnerie en BTC de format carré***

Épaisseur des joints
Les joints ont une épaisseur comprise entre 10 et 15 mm.

Recouvrement minimum
En dehors des joints de fractionnement, **les joints alignés verticalement sont proscrits** d'une assise sur l'autre en partie courante des maçonneries[10]. L'appareillage des blocs doit se faire impérativement à joints verticaux décalés pour garantir un comportement monolithique de la maçonnerie et éviter ce que l'on nomme un "coup de sabre", résultant de la superposition ou de la trop grande proximité de deux joints verticaux qui risque de favoriser la propagation de fissures structurales. **Le décalage des joints verticaux sera toujours au minimum égal au 1/4 de la longueur du bloc entier[11]**. Cette règle est plus contraignante que les exigences de l'EC6.

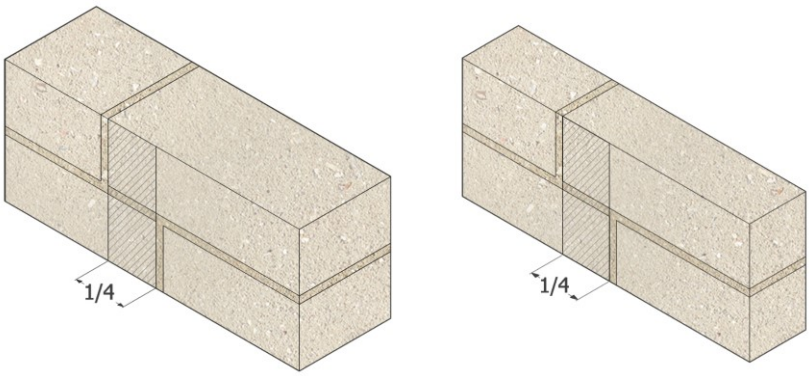


Fig. 5 : Recouvrement minimum - illustration avec BTC en format classique et format parement

[10] Il est toutefois toléré, au maximum, 3 assises successives sans décalage des joints verticaux en particulier quand aucune autre solution d'appareillage n'est possible.

[11] Des calepinages particuliers, permettant la réalisation de modénatures décoratives des blocs, sont possibles. Il est alors permis de déroger à cette règle sur une hauteur maximum de 3 assises de bloc et sur des surfaces limitées représentant au maximum 30 % de la surface du mur. La compatibilité de ces calepinages avec le maintien de la validité des PV d'essais au feu devra être vérifiée dans le cas où une performance au feu de la paroi est souhaitée.

MC

Angles
Les angles doivent être réalisés par harpage des assises successives, de façon à assurer la continuité de l'appareillage.

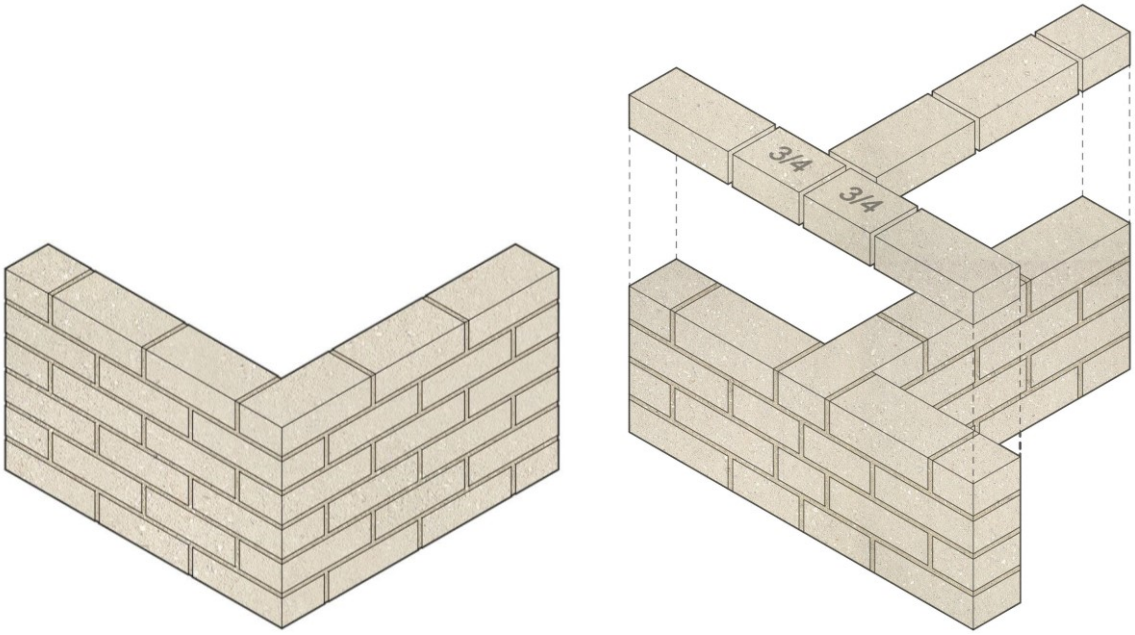


Fig. 6 : Principe d'appareillage des angles en L / des angles en T pour une maçonnerie de 15 cm d'épaisseur

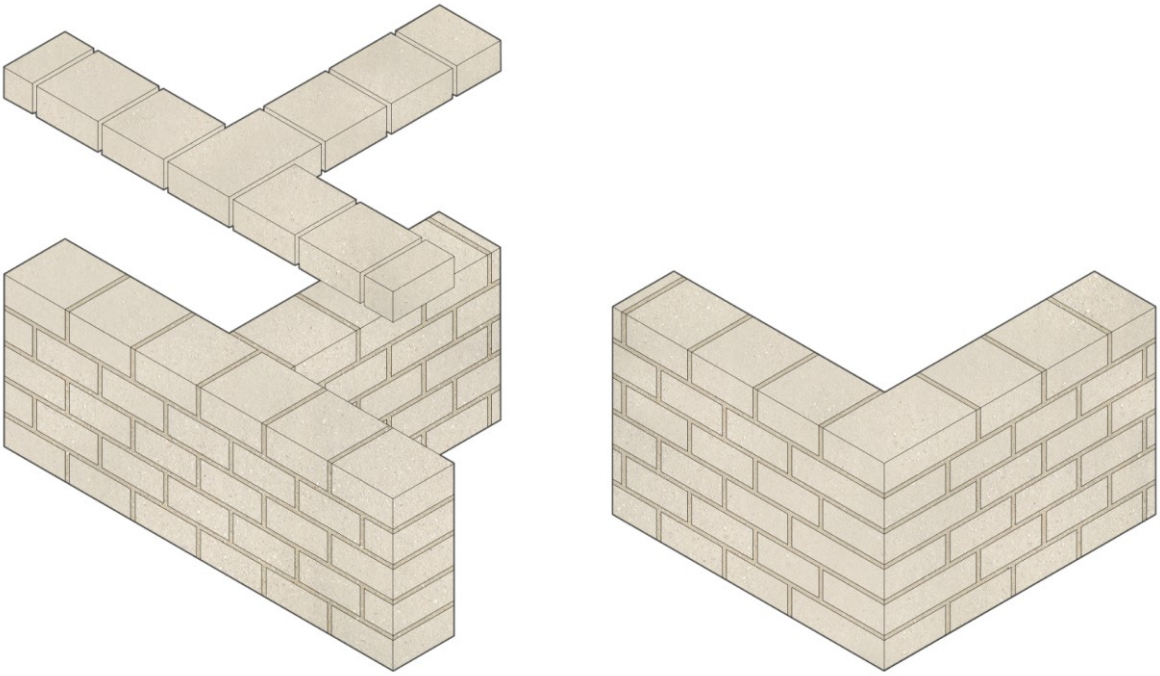


Fig. 7 : Principe d'appareillage des angles en L / des angles en T pour une maçonnerie de 22 cm d'épaisseur

4.3.2. RAIDISSEURS POUR LA MAÇONNERIE BTC

Des raidisseurs sont disposés à chaque extrémité de la cloison et en partie courante de la cloison lorsque la longueur de la paroi dépasse celle autorisée dans le paragraphe A.4.2. "Dimensionnements".

Les types de raidisseurs proposés sont illustrés à travers le cas d'une maçonnerie simple. Dans le cas de cloisons doubles ou doublées, les mêmes types de raidisseurs doivent être mis en œuvre. De plus, dans le cas des cloisons doubles et lorsqu'une performance acoustique est souhaitée, les raidisseurs des 2 parois doivent être décalés.

MC

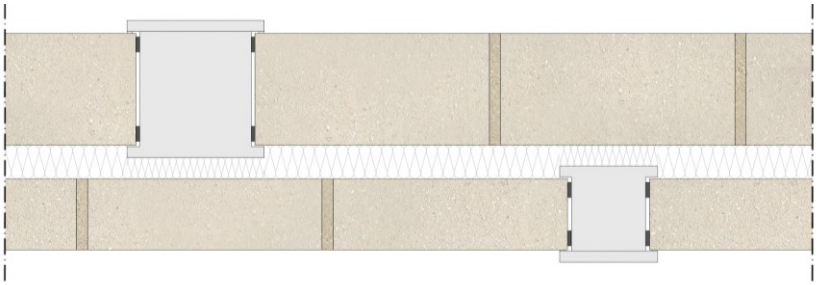


Fig. 8 : Exemple de raidisseurs décalés pour une cloison double pour laquelle une performance acoustique est demandée

La jonction entre la maçonnerie BTC et le raidisseur ne doit pas être remplie de mortier dans les cas où :

- une réduction des transmissions acoustiques latérales est souhaitée ;
- ou le raidisseur fait partie de la structure primaire du bâtiment.

Types de raidisseurs

Sont considérés comme raidisseur[12] :

- les poteaux ou murs faisant partie de la structure porteuse ;
- des ossatures en béton armé, bois ou métal, fixées en pied et en tête à la structure primaire au préalable ;
- les parois en BTC de mêmes natures liées perpendiculairement par harpage avec la cloison à raidir et d'une longueur minimum égale à ⅕ de la hauteur de la cloison ;
- les huisseries à impostes fixées en pied et en tête (cf. détail partie A.4.3.6. "Jonction avec les huisseries").

Dimensions indicatives des raidisseurs

Les dimensions des raidisseurs seront adaptées à l'épaisseur de la cloison, avec par exemple, comme dimensions minimum indicatives :

- Pour les raidisseurs béton armé :
  95 x 150 mm ou 150 x 150 mm pour les maçonneries respectivement de 9,5 cm et 15 cm d'épaisseur
- Pour les raidisseurs bois :
  95 x 80 mm pour les maçonneries de 9,5 cm d'épaisseur ou 150 x 80 mm pour les maçonneries de 15 cm d'épaisseur
- Pour les raidisseurs métal :
  UPE 120 + cornières ou IPE 120, ou tube 100x100 mm pour les maçonneries de 9,5 cm d'épaisseur

Dans le cas de raidisseurs de dimensions différentes, le BET structure de l'opération s'assurera que ces raidisseurs conviennent d'un point de vue mécanique.

Profil des raidisseurs en bois et en métal

Les raidisseurs en bois et en métal doivent avoir un profil formant un U en section (gorge) destiné à recevoir les blocs maçonnés. Ce profil en U peut être obtenu :

- par la réalisation d'une gorge, de l'épaisseur de la maçonnerie en BTC, en réservation dans les poteaux ;
- par l'assemblage d'éléments verticaux rapportés en bois ou en métal des deux côtés du poteau ;
- par une hybridation des deux systèmes : réalisation dans le poteau d'une feuillure en L, recevant les BTC, et fixation mécanique d'une pièce verticale assemblée à l'ossature, maintenant la face libre des BTC et fermant ainsi le profil en U.

La feuillure ménagera une profondeur de 15 mm de façon à ce que le recouvrement de la maçonnerie se fasse sur une distance minimale de 8 mm.

[12] Définitions dans DTU 20-13 P1-1, § 5.1.2

MC

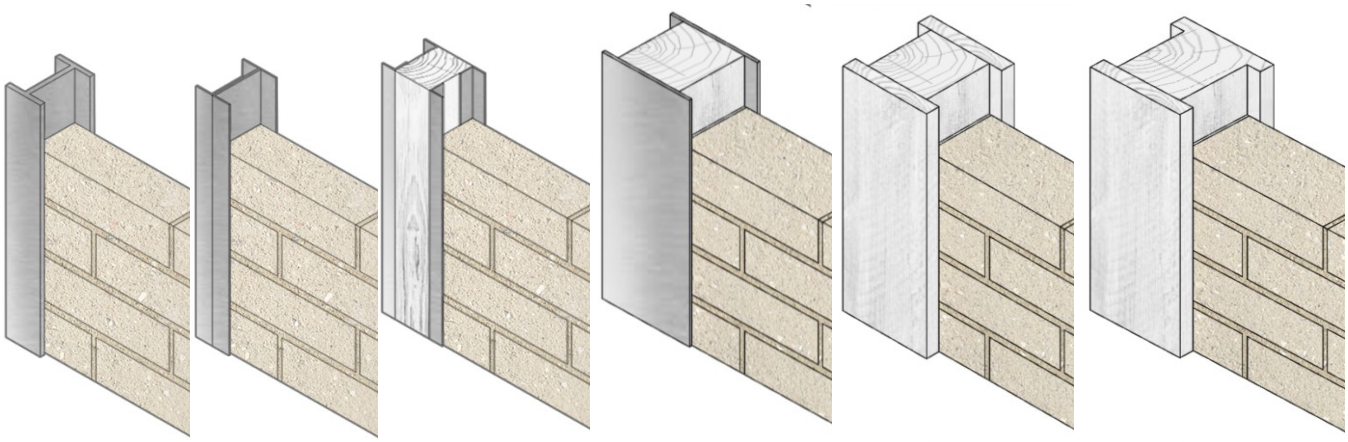
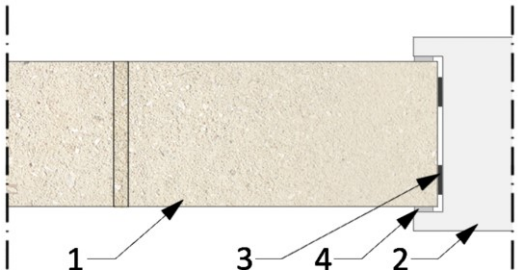


Fig. 9 : Exemples de raidisseurs en bois ou métal avec profil en gorge

Lorsque la jonction entre le raidisseur et la maçonnerie n'est pas remplie de mortier et qu'une performance acoustique est recherchée, des bandes de joints mousse pré-comprimée et du mastic seront appliqués conformément au détail illustré en figure 16.



1. Maçonnerie BTC
2. Raidisseur en bois
3. Bande de joint mousse pré-comprimée si une exigence acoustique est recherchée
4. Joint mastic si une exigence acoustique est recherchée

Fig. 10 : Interface entre maçonnerie BTC et raidisseur en bois

Profil des raidisseurs béton

Dans le cas de raidisseurs en béton armé, la liaison peut être réalisée de la même manière qu'avec les raidisseurs en bois ou métal. De plus, dans le cas où le raidisseur n'est pas un poteau ou mur faisant partie de la structure porteuse, une simple liaison maçonnée avec le mortier de hourdage est possible. Une légère fissuration à l'interface mortier terre / béton est possible. Aussi, il est recommandé de réaliser un joint creux au niveau de cette interface, et si besoin d'appliquer un mastic élastomère, pour des raisons esthétiques ou acoustiques.

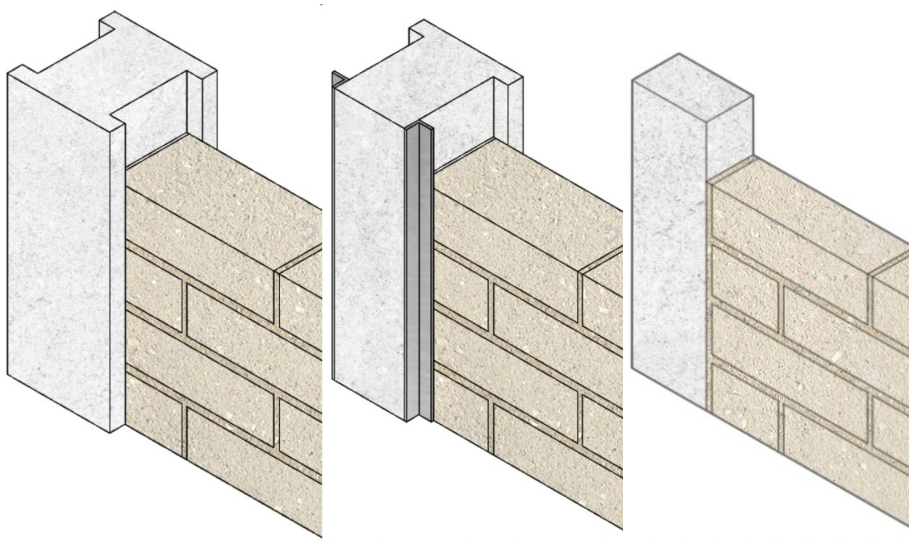


Fig. 11 : Exemples de raidisseurs en béton armé

MC

Lorsque la jonction entre le raidisseur et la maçonnerie n'est pas remplie de mortier et qu'une performance acoustique est recherchée, des bandes de joints mousse pré-comprimée et du mastic seront appliqués.

Système d'emboîtement par nervure centrale

Dans le cas de maçonnerie d'épaisseur supérieure ou égale à 15 cm[13], une liaison par emboîtement par nervure centrale est possible. Un tasseau (de largeur et de profondeur 25 mm) ou un profil métallique (profondeur 25 mm) est fixé au raidisseur, une rainure est creusée dans les BTC sur chantier.

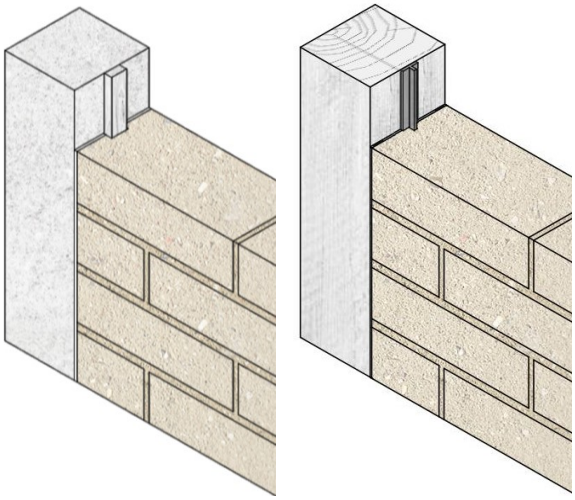


Fig. 12 : Exemples de liaisons avec raidisseurs par emboîtement avec nervure centrale

Lorsque la jonction entre le raidisseur et la maçonnerie n'est pas remplie de mortier et qu'une performance acoustique est recherchée, des bandes de joints mousse pré-comprimée et du mastic seront appliqués de part et d'autre de la nervure centrale.

Cas où une performance au feu de la cloison est recherchée

Dans le cas d'une cloison où un classement EI serait recherché, l'interface sera traitée conformément aux prescriptions des PV d'essais réalisés (cf partie B.1.3. "Sécurité en cas d'incendie"), par exemple par l'application de deux bandes de joint mousse pré-comprimée et de deux cordons de mastic de type Rubson CF55 (un sur chaque face de la paroi).
L'attention du maître d'ouvrage est attirée sur le fait que la tenue des mastics des joints doit être vérifiée régulièrement, une fois par an minimum, afin de garantir la continuité dans le temps de l'étanchéité. L'apparition de retrait, manque ou fissuration dans le joint nécessitera une compensation de matière ou la reprise partielle ou complète du joint.

Liaisons par attaches de maintien[14]

Cette solution demande des justifications supplémentaires à apporter par projet ou par Cycle Terre[15].
Des éléments de maintien de type attaches de cadres sont liés aux raidisseurs et répartis régulièrement sur la hauteur de la paroi. Ils peuvent être réalisés par des attaches d'ancrage métalliques, en acier inoxydable ou galvanisé, de type équerre, feuillard, fil ou pointe.
Les attaches sont identiques à celles utilisées en maçonnerie classique de petits éléments et sont conformes à l'EN 845-1 « Spécification pour composants accessoires de maçonnerie ».
Les attaches d'ancrage sont fixées mécaniquement aux raidisseurs par des vis et/ou des chevilles adaptées à la nature du matériau et à la résistance recherchée. Elles sont scellées au fur et à mesure du montage dans les joints horizontaux de la maçonnerie BTC. Elles sont disposées au plus proche de l'axe du plan du mur, dans le ⅓ centrale de l'épaisseur de la cloison et doivent présenter une épaisseur (ou un diamètre) inférieure ou égale à la moitié de l'épaisseur du joint de montage.
Elles doivent également pouvoir absorber un mouvement différentiel entre raidisseur et maçonnerie de BTC, pour cela elles doivent présenter des dispositions permettant un jeu vertical millimétrique/infra centimétrique : trou oblong, coulisse, etc.

[13] Ce type de liaison est possible pour des maçonneries d'épaisseur inférieure qui justifieraient de résistance au cisaillement supérieure à 0,03 MPa selon la NF EN 1052-3, avec une largeur utile de la maçonnerie de part et d'autre de la nervure centrale de minimum 6cm.

[14] Ce montage présente des risques de faiblesse acoustique au niveau de l'interface entre la cloison et le poteau. Les valeurs d'affaiblissement acoustique indiquées au § B.1.4 "Affaiblissement acoustique" ne sont pas garanties dans ce cas.

[15] Contacter Cycle Terre ou se référer au guide de pose Cycle Terre, régulièrement mis à jour avec les PV d'essais réalisés.

MC

Ces attaches de maintien doivent faire l'objet d'une mesure réalisée selon la NF EN 846-7[16], en association avec la maçonnerie Cycle Terre.

Résistance au cisaillement mesurée	Distance maximale entre attaches
30 à 59 daN	11cm, soit une attache par rangée
60 à 89 daN	22cm, soit une attache toutes les 2 rangées
90 à 119 daN	33cm, soit une attache toutes les 3 rangées
120 à 149daN	44cm, soit une attache toutes les 4 rangées
150 daN et plus	55cm, soit une attache toutes les 5 rangées

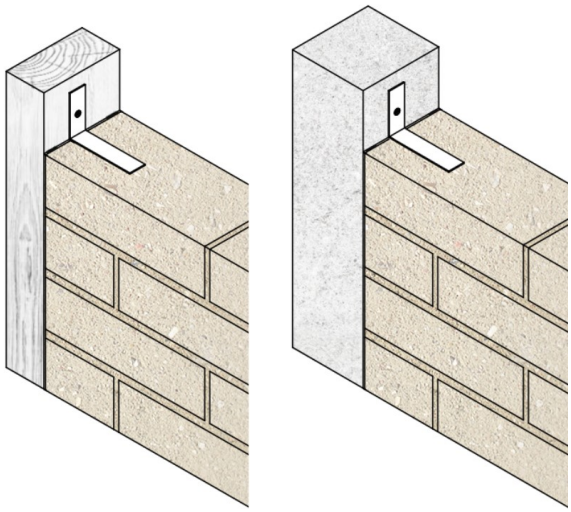


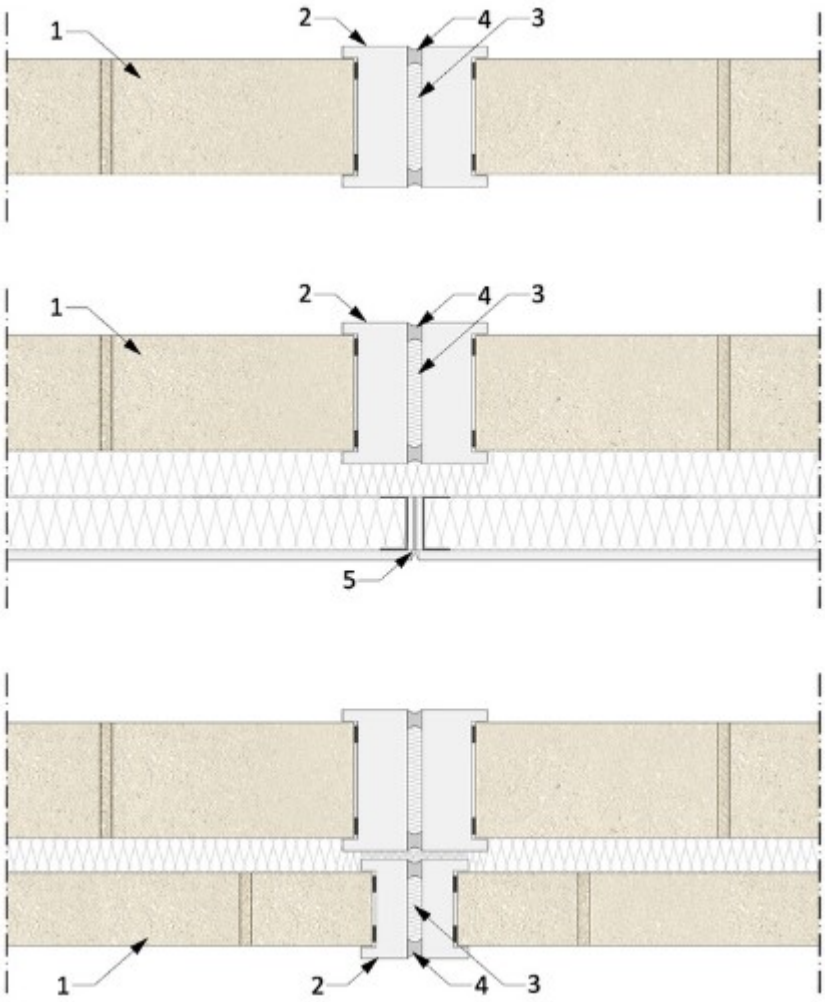
Fig. 13 : Exemples de liaisons avec raidisseurs par pattes de scellement

4.3.3. FRACTIONNEMENT PAR DES JOINTS DE RETRAIT OU DE DILATATION

Si des joints de retrait ou de dilatation sont prévus dans la structure, ils doivent impérativement être prolongés verticalement dans la partie maçonnée en BTC, ainsi que dans l'éventuel doublage.

[16] Il est conseillé de contacter Cycle Terre pour la réalisation de cet essai.

MC



1. Maçonnerie BTC
2. Raidisseur
3. Laine minérale
4. Joint mastic
5. Profilé de fractionnement
Fig. 14 : Exemples de détail du prolongement d'un joint de retrait ou de dilatation dans la maçonnerie BTC - cloison simple / cloison doublée / cloison double

Selon le DTU 20.13, la largeur du joint doit être au moins égale à celle prévue dans la structure, sans être inférieure à 2 cm. Le joint pourra être laissé vide ou rempli à l'aide d'une laine minérale non hydrophile de masse volumique inférieure à 30 kg/m^3 ou d'un mastic élastomère. Si le mouvement est préservé (fixation d'un seul côté par exemple) et s'il n'y a pas de points durs, les joints de dilatation peuvent être recouverts d'un couvre-joint.
Les incidences acoustiques seront à évaluer au cas par cas (largeur du joint, locaux concernés, etc.). Des systèmes de couvre-joint pourront être prévus si nécessaire, ou toute autre disposition permettant d'assurer la continuité des performances acoustiques recherchées le cas échéant.

4.3.4. ANGLES EN L ET EN T POUR LES CLOISONS DOUBLES

Dans le cas des cloisons doubles, les angles doivent être réalisés de manière à ce que l'isolant soit continu.

MC

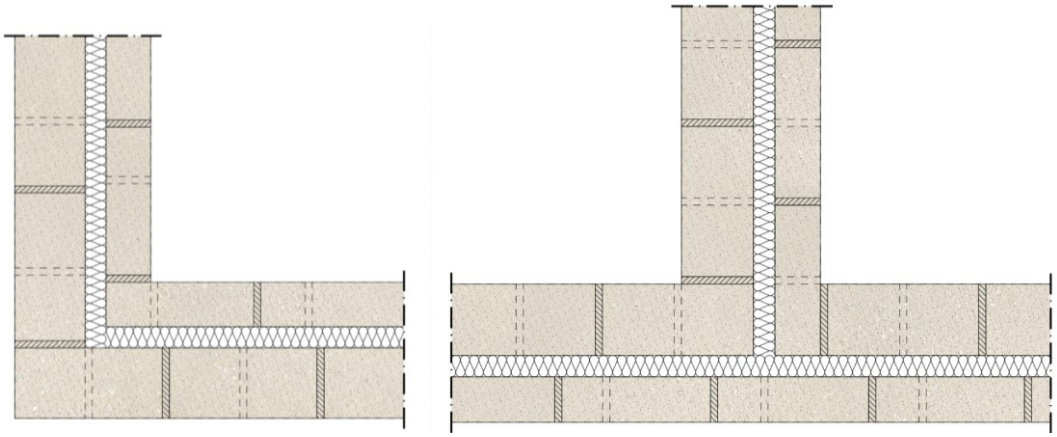
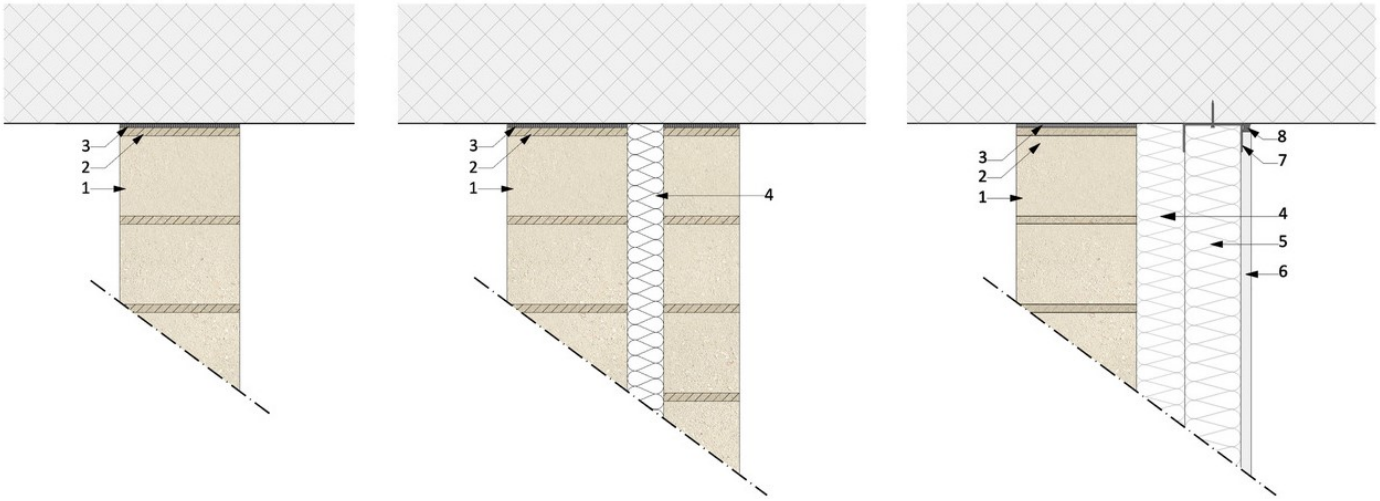


Fig. 15 : Exemples en plan des angles en L et en T pour une cloison double

4.3.5. JONCTIONS AVEC LES OUVRAGES ADJACENTS

Jonction avec le plafond

Si une bande de désolidarisation est prévue en tête de cloison, elle doit faire toute la largeur de la cloison. L'espace restant entre la maçonnerie et le plafond ou la bande de désolidarisation doit être le plus réduit possible. Le bourrage de cet espace est réalisé avec le mortier ayant servi au hourdage des BTC. Pour la cloison doublée, conformément au DTU 25.41, la désolidarisation du doublage est obtenue par coulissement de l'ossature de la cloison dans les éléments de jonction (rails, etc.) eux-mêmes solidaires des ouvrages adjacents. Dans ce cas, les plaques ne doivent pas être fixées dans ces éléments de jonction. La finition en cueillie est réalisée par joint mastic, couvre-joints ou corniches fixés sur les ouvrages adjacents.



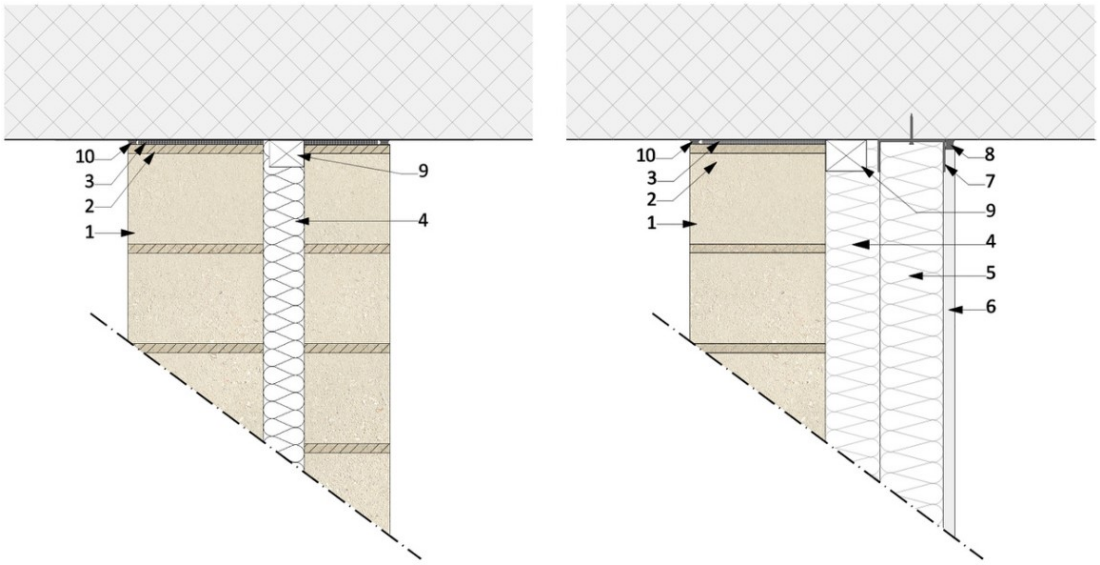
1. Maçonnerie BTC
2. Mortier Cycle Terre
3. Éventuelle bande de désolidarisation (épaisseur 5 mm)
4. Isolant
5. Montant d'ossature coulissant dans le rail de plafond
6. Parement en plaques de plâtre
7. Rail fixé au plafond
8. Joint souple

Fig. 16 : Exemples de détails en coupe de la jonction avec le plafond - cloison simple / cloison double / cloison doublée

Dans les cas des cloisons doubles et des cloisons doublées, si une performance acoustique est recherchée[17], un tasseau ou une cornière peut être fixé au gros œuvre entre les deux parois.

[17] Obtention des valeurs d'affaiblissement acoustique indiquées au § B.1.4 "Affaiblissement acoustique"

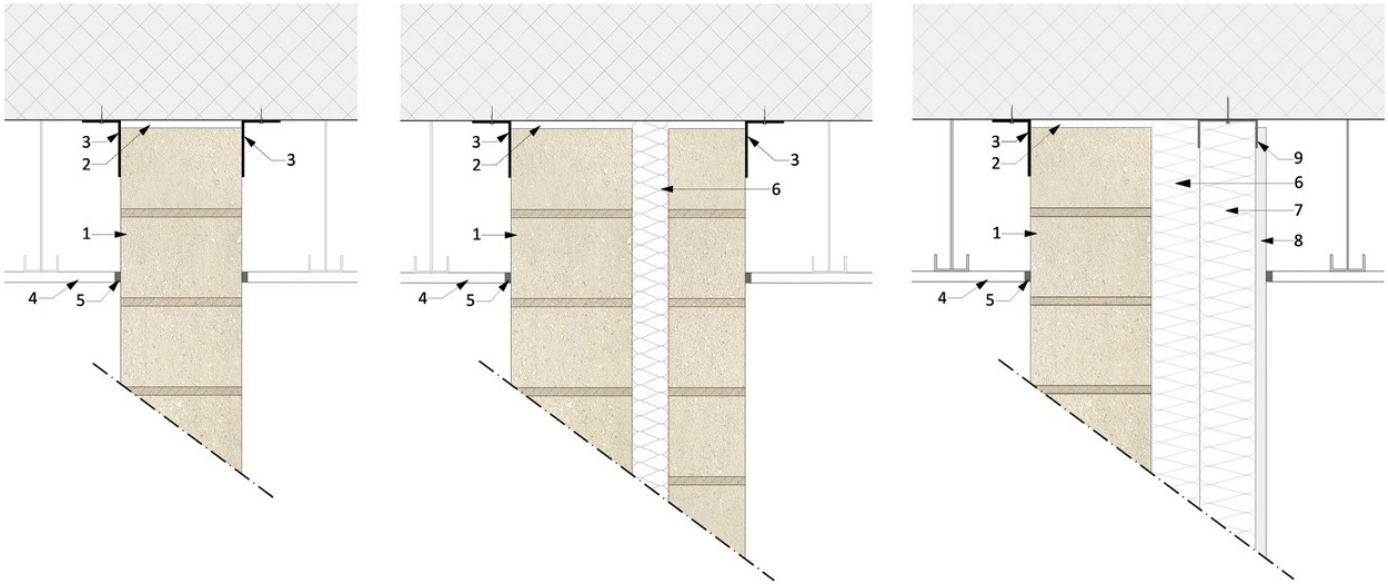
MC



1. Maçonnerie BTC
2. Mortier Cycle Terre
3. Éventuelle bande de désolidarisation (épaisseur 5 mm)
4. Isolant
5. Montant d'ossature coulissant dans le rail de plafond
6. Parement en plaques de plâtre
7. Rail fixé au plafond
8. Joint souple
9. Tasseau en bois fixé au gros œuvre
10. Joint mastic

Fig. 17 : Exemples de détails en coupe de la jonction avec le plafond pour une performance acoustique améliorée - cloison double / cloison doublée

La liaison avec le plafond peut aussi être assurée par des cornières métalliques ou tasseaux en bois fixés au gros œuvre de part et d'autre de la cloison, en particulier si une performance acoustique est recherchée et en cas de faux plafond.



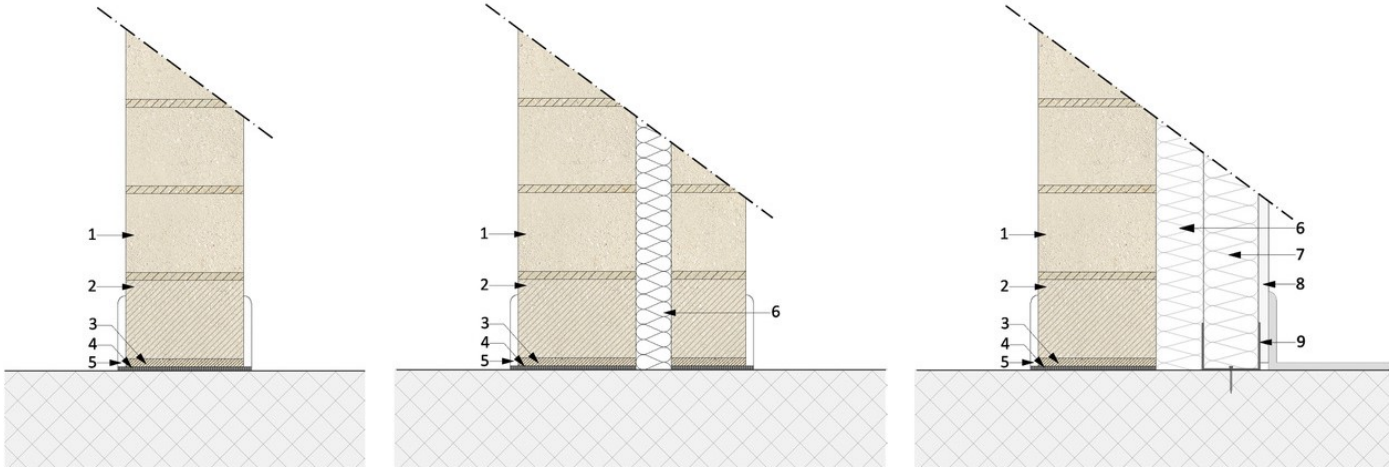
1. Maçonnerie BTC
2. Vide ou bourrage à la laine de bois ou au mortier terre avec une éventuelle bande résiliente si une performance acoustique est recherchée
3. Cornière acier ou latte en bois fixée au gros œuvre
4. Faux plafond
5. Joint souple
6. Isolant
7. Montant d'ossature coulissant dans le rail de plafond
8. Parement en plaques de plâtre fixé sur les montants mais pas sur le rail de plafond
9. Rail fixé au plafond

Fig. 18 : Exemples de détails en coupe de la jonction par cornières avec faux plafond - cloison simple / cloison double / cloison doublée

MC

Jonction avec le sol

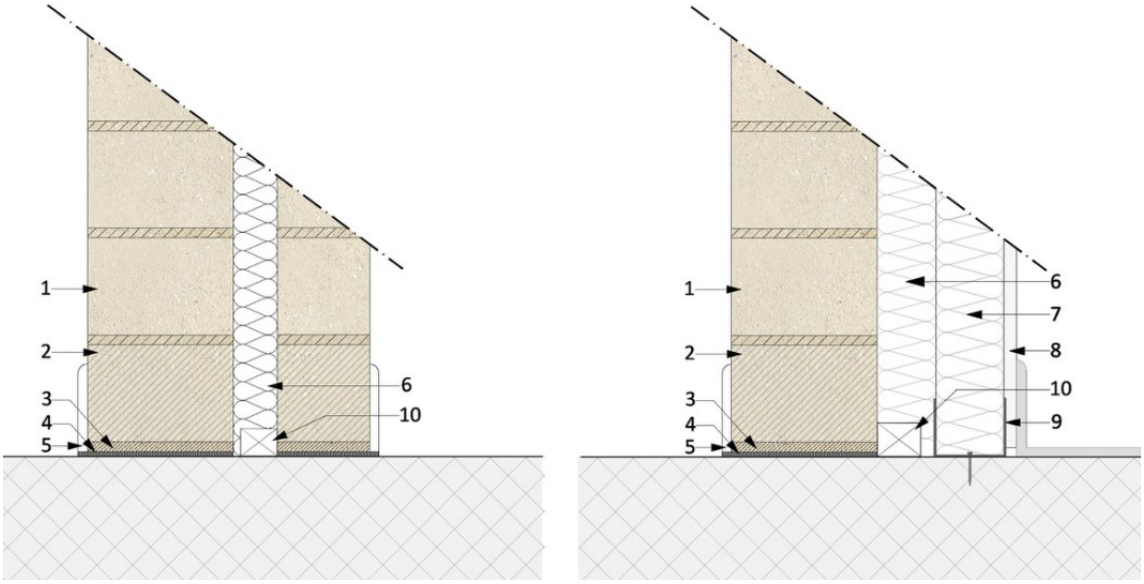
Une bande de désolidarisation est fixée sur le sol avant le montage de la cloison. Elle doit faire toute la largeur de la cloison (plinthe et huisseries incluses). Le premier lit de mortier sur la bande de désolidarisation sera un mortier sable-ciment dosé à 600 kg/m^3 de ciment, de 2 cm d'épaisseur minimum. Si une protection renforcée à l'humidité est recherchée, le premier rang de maçonnerie sera constitué de BTCS.



1. Maçonnerie BTC
2. Éventuellement BTCS si une protection renforcée à l'humidité est recherchée
3. Mortier sable-ciment (600 kg/m³ de ciment, ép. min. 2 cm)
4. Bande de désolidarisation (épaisseur 5 mm ou 10 mm selon les cas)
5. Plinthe
6. Isolant
7. Montant d'ossature coulissant dans le rail de sol
8. Parement en plaques de plâtre
9. Rail fixé au sol

Fig. 19 : Exemples de détails en coupe de la jonction sur sol fini - cloison simple / cloison double / cloison doublée

Dans les cas des cloisons doubles et des cloisons doublées, si une performance acoustique est recherchée, un tasseau ou une cornière peut être fixé au gros œuvre entre les deux parois.

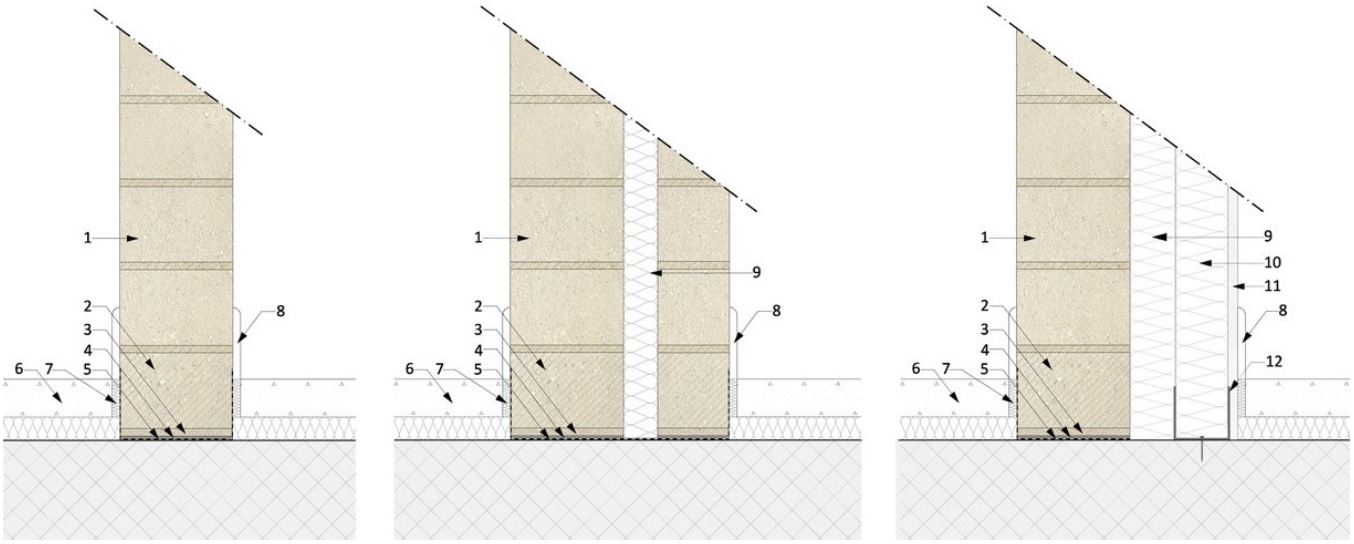


1. Maçonnerie BTC
2. Éventuellement BTCS si une protection renforcée à l'humidité est recherchée
3. Mortier sable-ciment (600 kg/m³ de ciment, ép. min. 2 cm)
4. Bande de désolidarisation
5. Plinthe
6. Isolant
7. Montant d'ossature coulissant dans le rail de sol
8. Parement en plaques de plâtre
9. Rail fixé au sol
10. Tasseau en bois fixé au gros œuvre

Fig. 20 : Exemples de détails en coupe de la jonction sur sol fini pour une performance acoustique améliorée - cloison double / cloison doublée

MC

En cas de chape flottante interrompue (solution intéressante d'un point de vue acoustique), le premier lit de maçonnerie sera en BTCS. Une remontée d'étanchéité devra être mise en place, de 2 cm au-dessus du sol fini au minimum.



1. Maçonnerie BTC
2. BTCS
3. Mortier sable-ciment (600 kg/m³ de ciment, ép. min. 2 cm)
4. Bande de désolidarisation (épaisseur 5 mm ou 10 mm selon les cas)
5. Barrière d'étanchéité dépassant au minimum de 2 cm au-dessus du sol fini
6. Chape flottante réalisée après la cloison
7. Calfeutrement périphérique
8. Plinthe
9. Isolant
10. Montant d'ossature coulissant dans le rail de sol
11. Parement en plaques de plâtre
12. Rail fixé au sol

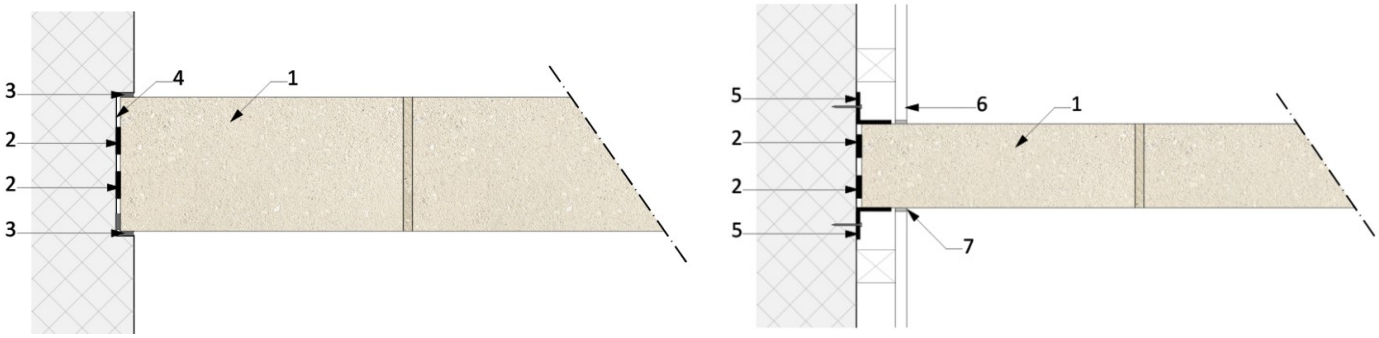
Fig. 21 : Exemples de détail en coupe de la jonction avec chape flottante - cloison simple / cloison double / cloison doublée

Jonction avec un mur de nature différente

La jonction entre la maçonnerie BTC et un mur de nature différente doit assurer le maintien latéral de la maçonnerie pour l'empêcher de basculer. Les dispositifs décrits pour assurer la liaison entre les raidisseurs et la maçonnerie peuvent être utilisés (cf. A.4.3.2. "Raidisseurs pour la maçonnerie BTC").

En particulier, cette jonction peut être réalisée avec un système de gorge constitué par une réservation dans le mur de nature différente ou la fixation de cornières ou tasseaux dans le gros œuvre de part et d'autre de la cloison. Lorsque le mur est structurel, l'interface ne doit pas être remplie de mortier.

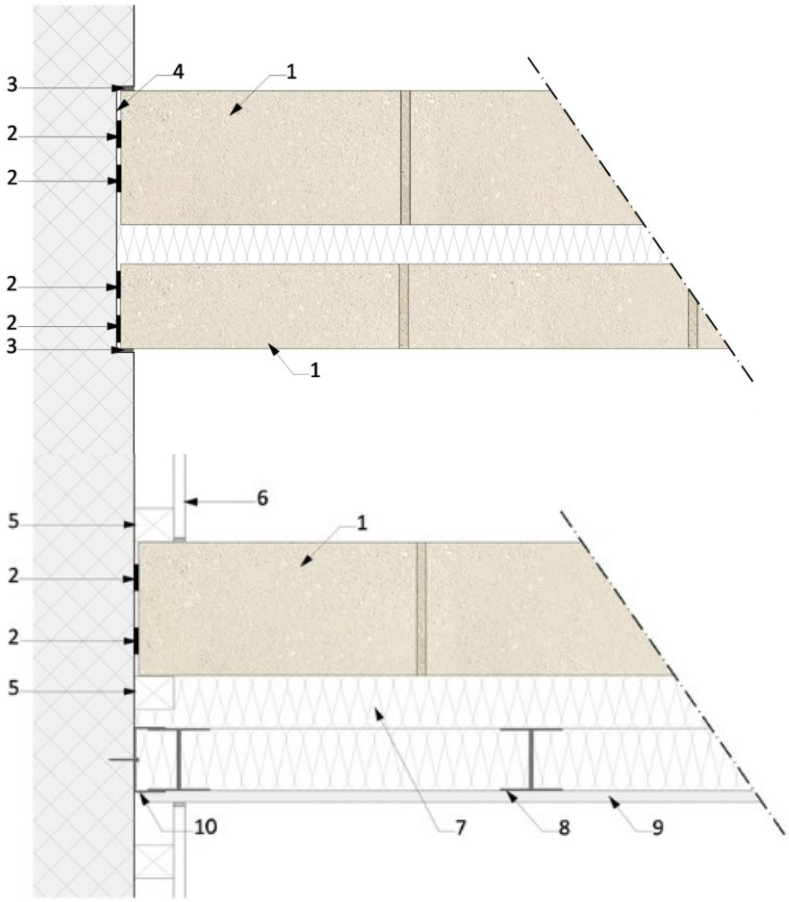
Dans le cas où une exigence acoustique et/ou un classement EI seraient recherchés, l'interface sera traitée par l'application d'une bande de joint mousse pré-comprimée faisant office de fond de joint et de mastic sur les deux faces, conformément aux PV d'essais au feu le cas échéant (cf partie B.1.3. "Sécurité en cas d'incendie").



1. Maçonnerie BTC
2. Bande de joint mousse pré-comprimée si une performance acoustique et/ou feu est souhaitée
3. Joint mastic si une performance acoustique et/ou feu est souhaitée
4. Réservation dans le mur en béton
5. Cornières fixées au gros œuvre
6. Doublage du mur de nature différente
7. Joint souple

Fig. 22 : Exemples en plan de jonction avec un mur de nature différente - cloison simple

MC



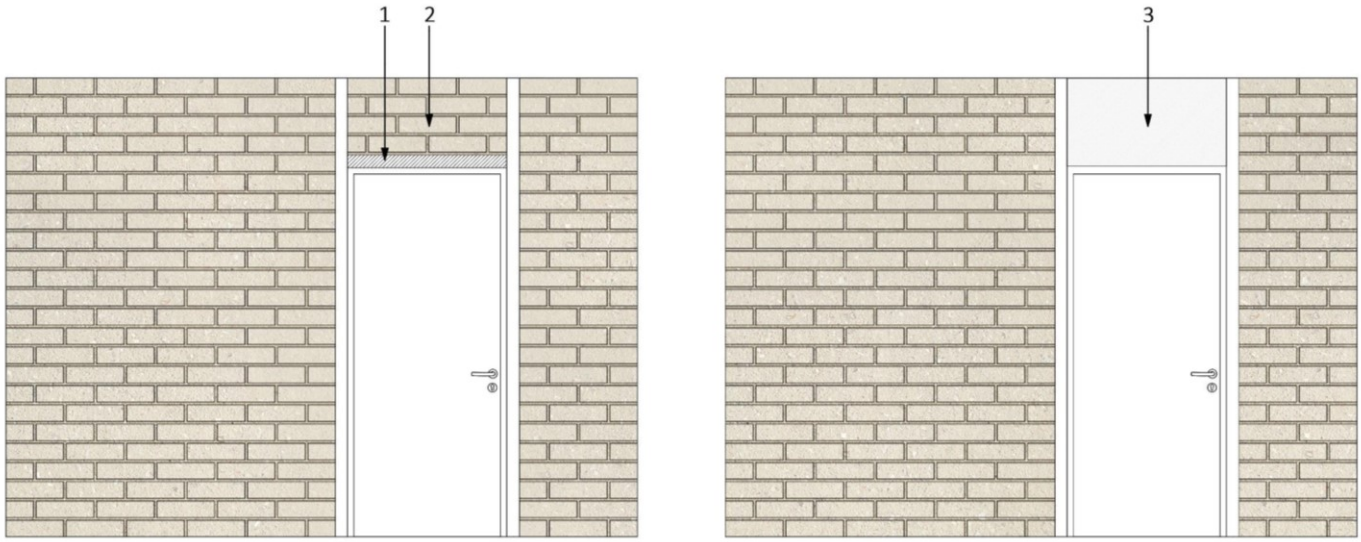
1. Maçonnerie BTC
2. Bande de joint mousse pré-comprimée si une performance acoustique et/ou feu est souhaitée
3. Joint mastic si une performance acoustique et/ou feu est souhaitée
4. Réservation dans le mur en béton
5. Tasseau fixé au gros œuvre
6. Doublage du mur de nature différente
7. Isolant
8. Montant d'ossature coulissant dans le rail fixé au mur
9. Parement en plaques de plâtre
10. Rail fixé au mur

Fig. 23 : Exemples en plan de jonction avec un mur de nature différente - cloison double / cloison doublée

4.3.6. JONCTION AVEC LES HUISSERIES

Le cadre de porte doit jouer le rôle de raidisseur. Le cadre va jusqu'en haut du mur (huisserie à imposte fixée en tête et en pied). L'imposte est composée soit de maçonnerie en BTC, soit d'un un autre matériau intégré au bloc porte et prévu par le lot menuiserie. Dans le cas d'une imposte en BTC, un linteau dimensionné pour supporter l'imposte doit être fixé aux raidisseurs.

MC



1. Linteau fixé aux raidisseurs
2. Imposte en BTC
3. Imposte incluse dans le lot menuiserie avec le bloc porte
Fig. 24 : Cadre de porte jouant le rôle de raidisseur - imposte en BTC / imposte en matériau différent

En tant que raidisseurs, les montants du cadre de porte doivent être dimensionnés de la même manière que les raidisseurs et présenter un profil formant un U en section destiné à recevoir les blocs maçonnés (cf. partie A.4.3.2. “Raidisseurs pour la maçonnerie BTC”).

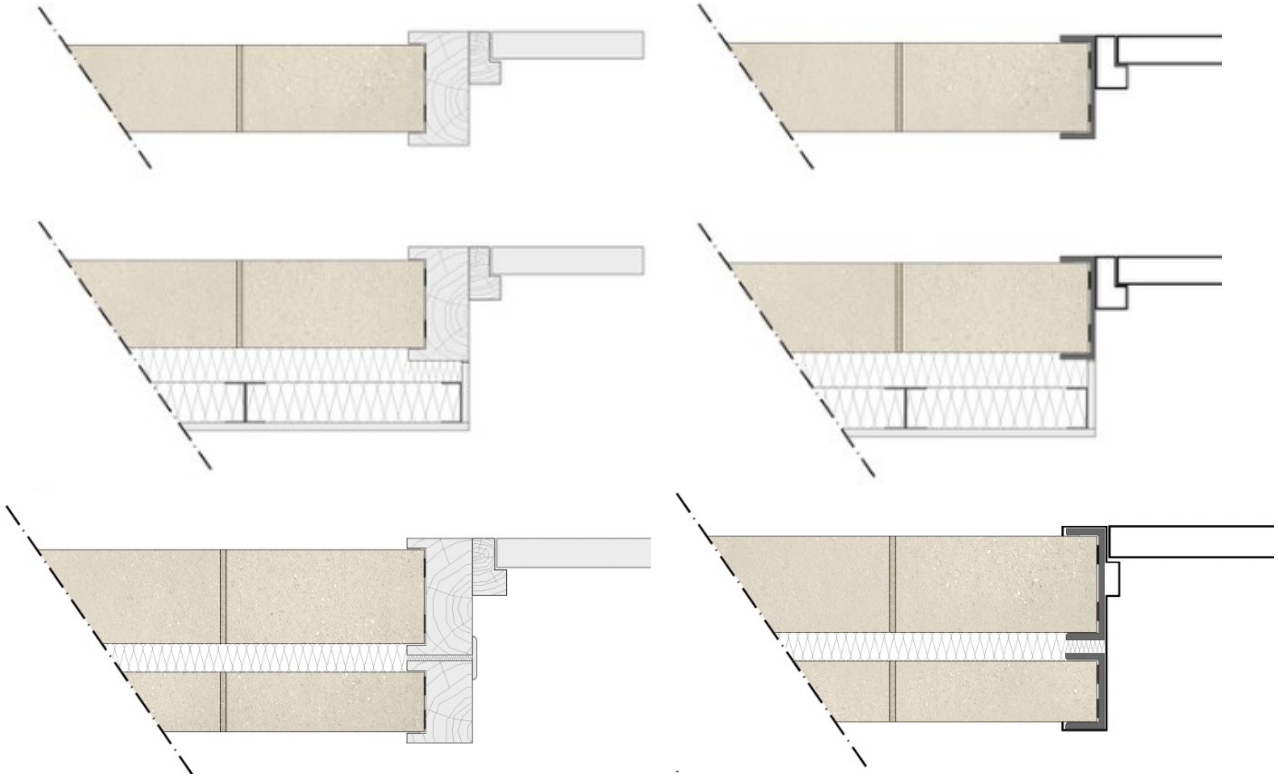


Fig. 25 : Exemples de jonctions avec un cadre de porte jouant le rôle de raidisseur

MC

4.4. PRÉCAUTIONS

4.4.1. PIECES HUMIDES

Dans le cas de locaux humides classés EB+ privatif, seule la maçonnerie de BTCS (stabilisés) est autorisée, avec utilisation d'un mortier bâtard de type M2,5 conformément aux descriptions de l'annexe nationale de l'EC6.

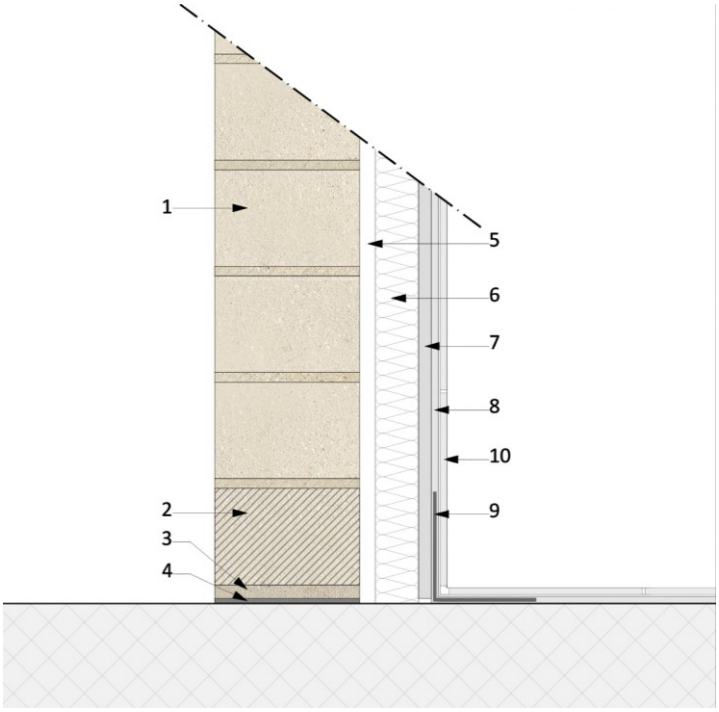
Pied de cloison

Le premier lit de mortier sur la bande de désolidarisation sera un mortier sable-ciment dosé à 600 kg/m^3 de ciment et d'une épaisseur de 2 cm au minimum. La première assise des cloisons sera réalisée en BTCS.

Traitement de surface

Un traitement de surface étanche devra protéger les murs en BTC dans les zones exposées aux projections et stagnations d'eau régulières. Les murs en BTCS devront recevoir :

- un doublage en blocs de ciment ou en briques plâtrières, séparé par une lame d'air. Sur ce doublage, est mis en œuvre une étanchéité de type liquide suivie d'une finition de type faïence,
- ou un doublage en plaques de plâtre hydrofuges, une étanchéité liquide et une finition de type faïence.



1. Maçonnerie courante en BTCS
2. 1er lit en BTCS
3. Mortier sable-ciment (600 kg/m^3 de ciment, ép. min. 2 cm)
4. Bande de désolidarisation (épaisseur 5 mm ou 10 mm selon les cas)
5. Lame d'air
6. Ossature de doublage désolidarisée de la maçonnerie et isolant si nécessaire
7. Parement en plaques de plâtre hydrofugées
8. Primaire et résine en deux passes
9. Bande de renfort étanche
10. Colle à carrelage et carrelage

Fig. 26 : Exemple de détail en coupe du pied de cloison et du doublage dans les pièces humides

La face opposée au local classé EB+ ne doit pas être revêtue par un revêtement étanche à la vapeur d'eau. On rappelle que les cloisons doubles ne sont pas visées dans le cadre de cette ATEx lorsqu'il y a au moins un local humide.

MC

4.4.2. PASSAGE DES RESEAUX

Passage des réseaux et incorporations
Les BTC étant destinés, dans la plupart des cas, à rester apparents, il est préférable d'éviter les saignées au profit d'autres types de passages, soit en applique, soit en profitant au mieux des éléments qui ne sont pas en BTC : raidisseurs, espace entre les deux parois ou entre la paroi et le doublage, plancher, etc. Pour ne pas détériorer les performances acoustiques d'une cloison double ou cloison doublée, les réseaux ou gaines passant entre les deux parois ou entre la paroi maçonnée et le doublage ne doivent pas toucher les deux faces intérieures et ne doivent pas être comprimés.

Si le mur est destiné à être enduit, il est possible de passer des gaines dans un mur en BTC par saignées, rainurage et rebouchage.

Si la maçonnerie reste apparente et qu'il est nécessaire d'y incorporer des réseaux électriques, la gaine (ICT) doit cheminer dans les blocs. On privilégiera alors les montées et descentes de gaines dans les joints entre deux BTC, soit en utilisant des blocs spéciaux, soit en rainurant et perçant les blocs. Les passages sont alternés entre traversée dans les joints et traversée dans le centre des blocs.

Dans tous les cas, le passage par saignée et encastrement devra respecter la norme NF C15-100 et le mémento du NF DTU 20.13 P3 pour les canalisations électriques.
Pour tous réseaux incorporés aux murs, on veillera à ce que :

- ils n'affaiblissent pas localement la résistance des ouvrages,
- ils ne favorisent pas de corrosion ou de condensation,
- ils soient équipés d'un fourreau étanche sans rupture,
- ils soient incorporés dans les BTC avec des percements adaptés au passage de réseaux.

On cherchera en particulier à minimiser tout passage de gaines dans les parois maçonnées fines (épaisseur inférieure ou égale à 15 cm).

Fixation boîte électrique
Il est possible d'intégrer aux parois BTC des boîtes d'encastrement électrique pour des équipements de type interrupteur ou prise de courant. Cependant, pour une meilleure finition, on pourra chercher autant que possible à positionner ces équipements ailleurs que dans les murs BTC, par exemple :

- dans les soubassements béton lorsque cela est possible,
- dans les précadres de menuiserie,
- dans des parois d'une autre nature.

Lorsque ces dispositions ne sont pas possibles, le scellement de boîtes électriques se fait au plâtre classique en fond de trou. Le garnissage de finition sera quant à lui réalisé avec le mortier à BTC.

Réseaux de plomberie
L'incorporation des réseaux de plomberie (eaux) au sein du mur est proscrite. Seules les traversées ponctuelles sont permises. Les risques de pathologies dues à l'humidité peuvent avoir de graves conséquences. Tout raccord à l'intérieur du mur est proscrit, les traversées seront équipées d'un fourreau étanche sans rupture.

Réservation en traversé de cloison
Dans le cas où aucune performance au feu n'est attendue de la cloison, des réservations au travers de la cloison, par exemple pour le passage des réseaux, d'une taille maximale de 200 cm² sont permises, sans mise en place de raidisseurs, de linteaux ou d'un cadre support particulier. La largeur du passage sera à adapter au format des blocs en évitant, dans la mesure du possible, d'être supérieur à 10 cm. La largeur cumulée horizontale des réservations pour les traversés des cloisons ne doit pas fragiliser les maçonneries. Pour cela, on se limitera à une largeur cumulée d'au maximum 0,10 fois la longueur du pan de mur.
L'impact de ces traversées sur la performance acoustique de la paroi devra être vérifié par le concepteur.
Les passages de câbles et tuyaux unitaires d'un diamètre maximal de 100 mm peuvent être calfeutrés au mortier.

4.4.3. FIXATION DE CHARGES NON STRUCTURELLES

Aucune fixation par clouage ou par pistoscellement ne pourra être réalisée dans la maçonnerie.
Quel que soit le type de fixation, une distance minimale aux bords de la maçonnerie supérieure à la profondeur d'ancrage devra être respectée.

MC

Si le sens de la fixation est parallèle au matériau, dans l'axe du plan du mur, la fixation s'effectuera dans le tiers central du mur et la distance au bord peut être réduite à 1 fois la profondeur d'ancrage.
Une distance minimale entre fixations devra respecter un entraxe minimum de 2 fois la profondeur d'ancrage.

La fixation d'objets de masse inférieure à 30 kg est autorisée avec des chevilles expansives plastiques ou des chevilles à expansion en caoutchouc.
La fixation d'objets de masse comprise entre 30 et 100 kg est autorisée soit avec des vis HUS3 de Hilti ou équivalent, soit avec des tiges filetées HIT-V avec scellement chimique par résine HY 170 de Hilti ou équivalent, à raison de 4 vis ou tiges minimum.

La fixation d'éléments participant à la structure du bâtiment n'est pas autorisée dans la maçonnerie.

MC

5. MISE EN ŒUVRE

5.1. PRÉPARATION DU CHANTIER ET CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

5.1.1. PREPARATION DU CHANTIER

Conditions préalables
Les travaux ne doivent être entrepris que dans des constructions accessibles, hors d'eau, dont l'état d'avancement met les ouvrages en BTC à l'abri des intempéries et notamment du risque d'humidification par apport accidentel d'eau liquide.

Réception des supports
L'entreprise en charge de la pose des BTC devra réceptionner les supports et s'assurer qu'il n'existe pas d'erreur d'implantation ou de tolérance dimensionnelle sur les structures associées.
Les supports sont réceptionnés conformément aux spécifications des normes DTU les concernant (aspect de surface, planéité, aplomb, alignement, etc.).

Le montage des cloisons ne doit être entrepris que si les raidisseurs et huisseries mis en place sont compatibles avec la cloison à exécuter, convenablement implantés et réglés et munis, si nécessaires, des entretoises provisoires nécessaires pour éviter des déformations des montants sous l'effet des poussées par la cloison. Ces entretoises doivent être maintenues en place jusqu'à l'achèvement de la cloison.

Réception des matériaux

LOTS DE BTC
Lors de la livraison, la réception est assurée par un responsable désigné de l'entreprise de pose des produits. Celui-ci s'assure de la conformité des blocs livrés par vérification de la fiche produit.
Il devra également s'assurer de l'état des lots livrés : endommagements accidentels, humidité en excès, souillures, etc. Le contrôle sera mené par une inspection visuelle. En cas de non convenance des lots de BTC, la livraison pourra être récusée.
Afin d'assurer une homogénéité des nuances de blocs, la commande des matériaux par l'entreprise sera réalisée en une seule fois. Malgré cela, de légères variations de teintes restent possibles. Afin d'éviter un défaut d'homogénéité dans le cas d'une maçonnerie apparente, il est recommandé de panacher, lors de la mise en œuvre, les blocs issus des différents lots de BTC.

MORTIERS
Les mortiers sont livrés sur chantier soit en big-bags, soit en sacs de 25 kg. Le responsable doit s'assurer de la conformité des produits livrés par vérification de la fiche produit. Les contrôles effectués sont visuels, à partir d'un échantillon prélevé lors de chaque livraison : conformité aux spécifications techniques.

LIANTS
La livraison se fait en sacs sur site. Le contrôle à la livraison permettra de vérifier que :
- Les produits livrés sont sains, non altérés (humidité) et sans défaut, conformes aux normes et en cohérence avec les spécifications techniques de l'opération.
- La validité des dates limites d'utilisation prescrites par le fabricant sont respectées.

Stockage des matériaux sur chantier
Il convient de protéger les matériaux de la pluie et de l'humidité pendant toutes les phases de manutention et de stockage précédant la pose. Il est préférable de stocker les BTC à l'abri de l'eau et de retirer les films de conditionnement des palettes quelques jours avant la pose afin de permettre le séchage de la condensation éventuelle pouvant apparaître sous celui-ci. Il convient d'éviter tout mélange entre des matériaux de natures différentes et la pollution des matériaux entre eux ou par le sol du site ou des déchets. Si plusieurs types de liants sont nécessaires au chantier, leur stockage sera séparé pour éviter des erreurs et mélanges.

Validation d'aspect et mur prototype
Dans le cas de maçonneries BTC apparentes, la validation de la qualité de finition des parements (calepinage, couleur, jointoiement et finition) peut s'effectuer par la réalisation, en début de chantier, d'un ou plusieurs murs prototypes permettant de définir le

MC

résultat recherché et ces critères d'acceptation.
Les prototypes sont effectués avec les matériaux et la mise en œuvre propre au marché projeté et avec une géométrie définie par la maitrise d'œuvre. Les prototypes sont réalisés sur chantier et conservés durant la durée de celui-ci. Le contrôle d'aspect durant le chantier et l'acceptation à réception se feront par comparaison avec les murs prototypes et suivant les tolérances définies au préalable.

5.1.2. CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

Conditions climatiques
Il faut être vigilant aux conditions climatiques lors de la mise en œuvre, particulièrement en cas de temps froid ou de temps chaud et venteux.
En cas de risque de gel, la mise en œuvre de la maçonnerie est déconseillée.
Dès que la température est durablement supérieure à 30°C[18], il est préférable de préparer des petites quantités de mortier utilisables en moins de 30 minutes[19]. Une dessiccation trop rapide de la maçonnerie peut entraîner l'apparition de fissures dues à un retrait important. Quelques précautions simples peuvent également être prises : maçonner aux heures les moins chaudes, protéger le mortier et les maçonneries de la dessiccation (arrosage léger, produit de cure ou bâche, etc.).

Protection contre les dommages mécaniques
Le montage de la maçonnerie doit être exécuté de sorte que la stabilité soit garantie en cours de construction. Durant le chantier et jusqu'au repli de celui-ci, il faut protéger les surfaces des murs et spécialement les angles saillants des chocs qui pourraient les endommager. Ces dommages sont le plus souvent dus à la manutention d'éléments lourds durant le chantier (coffrages, échafaudages, outils divers) ou aux manœuvres d'engins et véhicules évoluant sur le site.

Sécurité des intervenants
Les mesures de sécurité à prendre sont identiques à celles concernant la réalisation d'un ouvrage en maçonnerie classique de petits éléments. Il n'existe pas de conditions spécifiques de sécurité liées à la mise en œuvre de murs en BTC. Suivant l'importance des ouvrages à réaliser, les dispositions de sécurité peuvent être détaillées dans un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS) permettant d'assurer la sécurité des intervenants pendant toute la durée du chantier.

5.2. PRÉPARATIONS POUR LA MAÇONNERIE BTC

5.2.1. FIXATION DES RAIDISSEURS

Fixer les raidisseurs en tête et en pied :
- raidisseurs en métal et en bois : avec des équerres de fixation avec trous oblongs,
- raidisseurs béton : avec une armature constituée au minimum par un fer à béton axé sur le poteau.

5.2.2. INTERFACES AVEC LE SOL, LES RAIDISSEURS, LES MURS, LE PLAFOND

Avant la pose des BTC, mettre en place la bande de désolidarisation au sol sur toute la largeur de la cloison finie (y compris les enduits et les plinthes). Coller les mousses type compribandes pour les liaisons avec les raidisseurs et les autres parois verticales. Le cas échéant, fixer les tasseaux ou profils métalliques au sol et sur les parois verticales, les raidisseurs et le plafond. Ces éléments pourront être utilisés comme piges pour faciliter le montage de la maçonnerie.

5.2.3. GACHAGE ET UTILISATION DES MORTIERS

Le gâchage est effectué soit manuellement soit au moyen d'un mélangeur mécanique. Le mélange des granulats et de l'éventuel liant doit se faire à sec avant l'ajout de l'eau pour éviter des défauts d'homogénéité (cf. guide de pose).

[18] De manière générale, les liants (chaux et ciment) ne doivent pas être utilisés à des températures supérieures à 35°C.

[19] Les mortiers avec liant sont sensibles aux paramètres que sont la température, l'hygrométrie, la vitesse du vent, qui agissent sur : la rhéologie du mortier et son évolution ; la vitesse de prise ; la cinétique de son durcissement et sa dessiccation. Cela influence sensiblement l'ouvrabilité mais également, à terme, la résistance mécanique du mortier, donc celle du mur.

MC

5.3. POSE DES BTC

Un guide dédié à la pose de la maçonnerie BTC est publié par Cycle Terre pour accompagner les maçons. Les principaux éléments sont repris ci-dessous, le concepteur pourra se référer au guide de pose pour plus de détails et illustrations.

5.3.1. DEMARRAGE DE LA MAÇONNERIE

Poser les 2 premières assises à sec afin de vérifier l'exactitude du calepinage. Afin de limiter la découpe de BTC tout en s'adaptant à la longueur de la cloison, il est conseillé de calepiner en tenant compte des tolérances acceptables pour les épaisseurs des joints (10 à 15 mm).

La surface d'application du mortier doit être préparée et propre. L'assise du premier rang de briques est réalisée sur un premier lit continu de mortier (sable-ciment, 2 cm d'épaisseur) sur la bande de désolidarisation. Ce premier lit permet un réglage précis du premier rang de briques à l'aide de la règle et du niveau.

5.3.2. POSE DES BTC EN PARTIE COURANTE

Pour garantir une bonne adhérence entre mortier et blocs, les BTCS seront plongés dans l'eau et immédiatement retirés et les BTC (non-stabilisés) seront mouillés à l'éponge ou au pinceau, et le plan de pose sera légèrement mouillé en aspergeant celui-ci. Le mortier est appliqué sur les faces à jointoyer en quantité adaptée.
Les BTC sont posés et mis en place sur le lit de mortier par collage en les plaquant en pression ou en les faisant translater jusqu'à avoir trouvé la position requise. Par effet de succion les BTC s'immobilisent. Il ne faut pas vibrer excessivement les BTC pour les positionner sous peine de supprimer l'adhérence entre le bloc et le mortier. Frapper les BTC est également à proscrire, sous peine de fissurer ou déstabiliser les maçonneries précédemment mises en œuvre.

Contrôles
Tout au long du montage, les maçons doivent contrôler :

- l'horizontalité des blocs, positionnés à l'aide d'un niveau à bulle
- l'horizontalité des assises et l'alignement des joints, grâce à des cordeaux
- la verticalité de la paroi, au fil à plomb ou au niveau à bulle. L'aplomb peut être assuré par la mise en place au préalable de piges d'angle dont la verticalité a été contrôlée. Celles-ci servent de guide de pose.
- l'épaisseur de joints, par une mesure directe. Celle-ci devra être comprise entre 10 et 15 mm d'épaisseur. Il est recommandé de tracer les hauteurs d'assises sur les piges servant de guide afin d'obtenir une régularité et une bonne répartition verticale des joints sur toute la hauteur de la cloison.
- la planéité d'ensemble au moyen d'un cordeau tendu sur 10 mètres à la surface du mur ou plus localement à l'aide d'une règle de 1 m minimum et ce dans toutes les directions du plan vertical du mur (horizontal, vertical, oblique). D'un bloc à l'autre, dans le plan vertical du mur, un outil possédant une arête rectiligne (comme une règle courte de 30 cm) permettra d'assurer un contrôle de rectitude et de vérifier qu'il n'existe pas de défauts d'alignement des blocs.

Tolérances géométriques
Le contrôle du respect des tolérances dimensionnelles ainsi que le contrôle d'aspect permettent de réceptionner les ouvrages. Les tolérances dimensionnelles des ouvrages en BTC, écarts d'implantation (alignement vertical), aplomb (verticalité), planéité (rectitude) et épaisseur seront celles qui sont appliquées aux cloisons en maçonnerie de petits éléments[20].

5.3.3. CADENCE DE POSE ET LIMITE D'ELEVATION QUOTIDIENNE

L'élévation des maçonneries de BTC pour une journée ne doit pas dépasser 10 fois l'épaisseur du mur (150 cm maximum de hauteur pour un mur de 15 cm d'épaisseur, 95 cm pour un mur de 9,5 cm d'épaisseur), au risque de désolidariser les premiers rangs par de trop fortes sollicitations latérales exercées sur l'ouvrage. Lors de la reprise des travaux de maçonnerie, il convient de s'assurer que le plan de pose soit propre et dépoussiéré.

[20] NF DTU 20.13 P1-1

MC

5.3.4. ORDRE DE MONTAGE POUR LES CLOISONS DOUBLES

Dans le cas d'une cloison double, deux types de montages sont possibles :

- Avec un isolant en panneaux : monter une paroi complètement. Positionner les panneaux d'isolant au fur et à mesure du montage de la deuxième paroi.
- Avec un isolant en vrac : monter les deux parois en parallèle. Remplir le vide entre les deux parois avec l'isolant en vrac au fur et à mesure du montage.

5.3.5. COUPE, TAILLE, PERÇAGE

Il est recommandé d'utiliser un ciseau de maçon et une massette pour couper les blocs aux dimensions requises. Il est également possible de réaliser les coupes à l'aide d'une meuleuse équipée d'un disque pour maçonnerie (type disque diamanté). Les BTC contiennent des graviers et cailloux qui peuvent faire dévier du plan de coupe ou provoquer des éclats importants des blocs. Le taux de perte des blocs sur chantier est de l'ordre de 5 %.
Les tailles spéciales des blocs peuvent également s'effectuer à l'aide des mêmes outils (ciseaux de maçon ou meuleuse) mais également par perçage ou abrasion. Les blocs se percent à l'aide de forets à pointe ou taillant carbure de tungstène, de type foret à béton. Le perçage s'effectue de préférence sans percussion mais par abrasion et enlèvement de matière. Pour les perçages précis, il est recommandé d'utiliser des forets pour métaux. Un trépan ou une scie cloche avec pastille au carbure de tungstène ou à lèvres diamantées peut être utilisé pour réaliser les réservations des boîtes électriques rondes.

On privilégiera l'utilisation de blocs ¾ et ½ produits directement à ce format, en particulier si un appareillage très soigné des maçonneries apparentes est souhaité.

5.3.6. JOINTOIEMENT

La liaison des blocs doit être correctement faite dans les deux directions de l'appareil, par la réalisation des joints horizontaux et verticaux. Les joints verticaux doivent être bien bourrés. L'excédent de mortier doit être raclé immédiatement après la pose du bloc et si possible, les joints doivent être réalisés à frais pour une meilleure tenue (et limiter les tâches de laitance dans le cas de mortier stabilisé). Le joint en cours d'exécution doit être serré avant qu'il ne perde sa plasticité. La finition des joints peut être faite en demi-rond, en triangle ou au nu des blocs. Ils seront serrés avec un fer à lisser ou à la langue de chat. Sauf indication contraire, le profil du joint en retrait aura une profondeur maximale de 5 mm.
Les joints peuvent également être légèrement creusés si le mur est destiné à être rejointoyé ultérieurement. Lorsqu'un rejointoiement doit être effectué, la profondeur du grattage du mortier non durci est d'au moins 15 mm, sans dépasser 15 % de l'épaisseur du mur mesurée à partir de la surface finie.

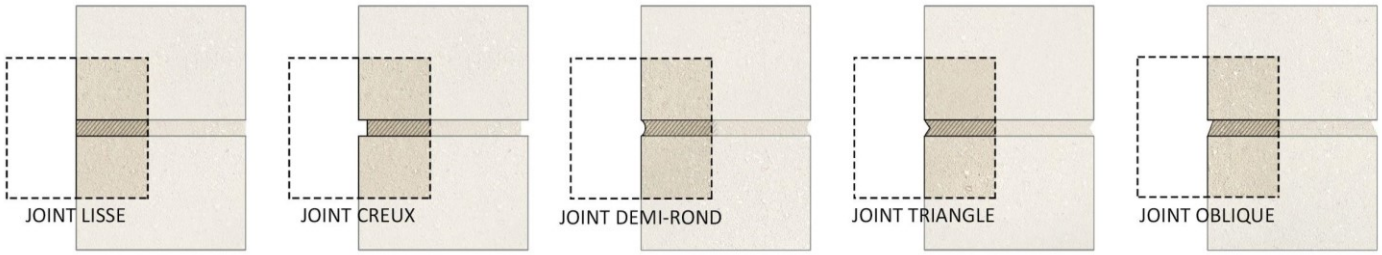


Fig. 28 : Joints autorisés

5.3.7. DERNIER RANG DE MAÇONNERIE

Avant la pose des derniers rangs de BTC, le cas échéant, la bande de désolidarisation doit être collée au plafond sur toute la largeur de la cloison finie. Le dernier rang de BTC doit être maçonné en laissant un espace le plus réduit possible. Le tassement de la maçonnerie dans les jours qui suivent engendre une augmentation de cet espace et rend possible un bourrage au mortier terre (cf. A.5.4.1 "Bourrage de la partie haute").
On rappelle que si une performance acoustique est recherchée, il est pertinent d'étudier le détail au cas par cas, et de prévoir par exemple une cornière, ou un tasseau, pour assurer l'étanchéité acoustique de l'interface.

MC

5.4. FINITION DE LA MAÇONNERIE

5.4.1. PREPARATION

Séchage, tassement
La disparition de l'humidité en excès dans le mur prend du temps. Un phénomène de tassement de la maçonnerie a lieu une fois la paroi terminée. Ce tassement vertical de la maçonnerie lors du séchage est de l'ordre de 0,3 à 0,4 %.
Il conviendra d'être attentif à ce que le tassement du mur se soit opéré et à ce que la paroi ne présente pas un taux d'humidité trop important avant la mise en œuvre des finitions. Il est fortement recommandé de respecter un délai minimum de séchage de 3 semaines avant l'application d'éventuelles finitions.

Bourrage de la partie haute
Le bourrage de l'espace entre maçonnerie et plafond sera effectué au mortier qui a servi à maçonner la paroi au minimum 2 à 3 semaines après l'étape de maçonnerie.

Préparation de la maçonnerie
Une fois la maçonnerie sèche, elle doit être balayée et/ou aspirée afin d'éliminer des grains et poussières non adhérents.
Pour uniformiser l'aspect et limiter quelques défauts visuels, le passage d'une taloche-éponge humide ou un léger égrainage de la surface de la maçonnerie avec un abrasif de type papier de verre de grain 120 peut être effectué.

Rejointoiement de la maçonnerie
L'opération de rejointoiement, le cas échéant, est précédée d'un nettoyage de la zone entière et si nécessaire, d'un mouillage pour obtenir la meilleure adhérence possible entre mur et mortier. Les joints horizontaux et verticaux doivent présenter une épaisseur finie comprise entre 10 mm minimum et 15 mm maximum.

Finition des interfaces
Une fois le tassement du mur réalisé et après séchage de l'éventuel joint de bourrage en tête de cloison, on procédera, si nécessaire, à l'application du mastic et à la fixation des cornières et tasseaux.

5.4.2. FINITIONS

La maçonnerie peut alors être laissée brute ou une finition peut être appliquée.

Fissuration de retrait
Des fissurations légères ou des microfissurations, non structurelles, dues au retrait des maçonneries de BTC lors du séchage de l'ouvrage peuvent apparaitre en partie courante du mur dans les mortiers de montage des blocs. Les tolérances d'acceptation de ces fissurations sont telles que :

- Elles ne présentent pas une largeur d'ouverture supérieure à 1mm ;
- Elles ne sont pas prolongées dans les blocs ;
- Elles ne sont pas traversantes.

Ces tolérances d'exécution peuvent être redéfinies dans le cas où un mur prototype est réalisé à cet effet (cf 5.1.1).
Il est simple de reboucher des fissurations par passage d'une truelle à joints adaptée, fer à joint plat ou demi-rond, avec humidification préalable du mortier si nécessaire.

Fixateur, peinture et produits de finition
La personne responsable de la finition du mur se réfèrera aux fiches de pose des fixateurs, peinture ou autres produits de finition sélectionnés. Dans tous les cas, il est conseillé de réaliser un essai sur une surface d'environ 1 m² afin de vérifier la bonne compatibilité de la recette avec le support et les modalités de pose.

Enduit
La réalisation d'un enduit doit respecter les Règles professionnelles pour la mise en œuvre des enduits sur supports composés de terre crue acceptées par la Commission Prévention Produits mis en œuvre (C2P) de l'Agence Qualité Construction en 2012.

MC

5.5. ENTRETIEN

Entretien courant
Un nettoyage des BTC est possible par brossage léger à sec, à l'éponge humide et / ou avec un abrasif de type papier de verre de grain 120.

Réparations et gestion des désordres
Avertissement : Ce document présente différentes règles liées au dimensionnement des ouvrages et à leur mise en œuvre, dont le respect garantit l'absence de malfaçons et de désordres. Néanmoins, dans un but d'information, le présent paragraphe présente les principaux désordres et leurs causes ainsi que quelques moyens d'y remédier.

Variation involontaire de la couleur du mur
En cas de variation involontaire de la couleur d'une maçonnerie en BTC, une homogénéité de couleur / surface peut être obtenue par passage d'une taloche-éponge humidifiée. En complément, pour marquer l'esthétique de la maçonnerie, il est possible de redessiner les joints à l'aide d'une truelle à joints adaptée, fer à joint plat ou demi-rond.

Fissures de retrait, épaufrures
En cas d'apparition de fissures de retrait au sein du mortier voire dans les angles des BTC, de l'eau sera appliquée sur la fissure à l'aide d'une éponge et la fissure sera rebouchée par frottement local grâce au mortier terre adjacent. Une ré-homogénéisation de la maçonnerie sera obtenue par passage d'une taloche-éponge humidifiée. En complément, pour marquer l'esthétique de la maçonnerie, il est possible de redessiner les joints à l'aide d'une truelle à joints adaptée, fer à joint plat ou demi-rond.
Dans le cas d'une maçonnerie stabilisée, il est possible de creuser le mortier fissuré et de procéder à un matage de la zone préalablement nettoyée.

Géométrie de mur non conforme
En premier lieu, il convient de s'assurer du bon fonctionnement des niveaux utilisés sur chantier. Un affaissement peut aussi être lié à un rythme de montage trop élevé du mur, ou à l'utilisation d'un mortier trop humide. Une reprise partielle ou totale du mur est conseillée. Le passage d'une éponge humide sur l'ensemble de la surface du mur après séchage de la nouvelle maçonnerie permet une homogénéisation de la couleur de la paroi.

Fissuration liée à un mouvement de la structure porteuse
Dans le cas où un mouvement non-anticipé de la structure porteuse (poteaux, raidisseurs ou poutres hautes ou basses) entraînerait une mise en charge des maçonneries et l'apparition de fissures, il est recommandé de procéder à un suivi de l'évolution de la fissuration.
En cas de stabilisation de la fissuration sans risque structurel avéré, il est possible de procéder au remplacement des BTC endommagés en travaillant les joints adjacents au ciseau de maçon, puis de maçonner des nouveaux BTC avec le même mortier terre (on notera la possibilité de réutiliser le mortier précédent dans le cas de mortier non-stabilisé). Le passage d'une éponge humide sur l'ensemble de la surface du mur après séchage de la nouvelle maçonnerie permet une homogénéisation de la couleur de la paroi.
En cas de mouvement excessif de la structure, il est recommandé de procéder à une reprise sur la structure elle-même avant de procéder au remplacement des BTC endommagés.

6. COMMERCIALISATION DU PROCEDE ET ASSISTANCE TECHNIQUE

Les produits Cycle Terre seront commercialisés sur site ou via des plateformes de distribution. Les produits commercialisés seront accompagnés d'un guide de pose illustré à l'usage des maçons.
Par ailleurs, un service d'assistance technique téléphonique sera assuré gratuitement par la Fabrique Cycle Terre. Un service d'accompagnement sur chantier est possible (contacter Cycle terre pour plus de renseignements).

MC

7. FORMATION DES ENTREPRISES

Les qualifications requises pour les entreprises correspondent à celles d'une entreprise de maçonnerie et de béton armé de technicité courante qui assure l'édification de murs porteurs et les travaux de gros œuvre en BTC. La qualification au sein de l'entreprise sera au minimum équivalente au niveau III (N3 - position 1 ou 2) : Compagnon professionnel et de préférence équivalente au niveau IV (N4 - position 1 ou 2) : Chef d'équipe ou Maître ouvrier (selon la qualification de la Convention collective nationale des ouvriers employés par les entreprises du bâtiment du 8 octobre 1990.91).

L'entreprise devra justifier soit de la présence, au sein de son effectif, d'au moins une personne ayant suivi préalablement une formation certifiante relative à la maçonnerie de briques de terre crue, soit d'une expérience suffisante en maçonnerie de briques de terre crue. Elle doit dans ce cas établir une liste aussi complète que possible des chantiers qu'elle a réalisés en maçonnerie de briques de terre crue. Des attestations de bonne exécution des travaux, délivrées par la maîtrise d'ouvrage des opérations antérieures, pourront être produites pour justifier de la compétence de l'entreprise.

MC

B. JUSTIFICATIONS TECHNIQUES

1. SATISFACTION AUX LOIS ET RÈGLEMENTS EN VIGUEUR

1.1. STABILITÉ ET RÉSISTANCE MÉCANIQUE

La justification du dimensionnement des cloisons est apportée par la validation des essais aux chocs de sécurité, par application du paragraphe 5.3 du DTU 20.13 partie 1-1 pour le dimensionnement des cloisons, c'est-à-dire que la résistance au choc de sécurité est réputée conférer une résistance satisfaisante au vent.
Cette méthode est en particulier utilisée pour justifier du dimensionnement de cloisons de hauteur maximale 260 cm et de longueur maximale entre raidisseurs 350 cm. D'autres essais aux chocs, réalisés conformément à la norme NF P08-301, pourront valider des dimensions de panneaux plus grandes (cf A.4.2 « Dimensionnement ») ou la pose de la cloison avec bords libres.
Contacter Cycle Terre pour connaître les différents PV d'essais disponibles à ce sujet.

1.2. STABILITÉ PARASISMIQUE

L'utilisation de la cloison objet de cette ATEx est limitée aux programmes pour lesquels aucune vérification n'est requise selon l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010.

1.3. SÉCURITÉ EN CAS D'INCENDIE

1.3.1. REACTION AU FEU

Les BTC et le mortier utilisés ne contenant pas de fibres, ils sont classés d'office M0 (classement national) ou A1 (classement européen).

1.3.2. RESISTANCE AU FEU

Une mesure de EI a été réalisée par le laboratoire CERIB en août 2020 sur une cloison simple en BTC Cycle Terre de 9,5 cm d'épaisseur, maçonnée au mortier terre Cycle Terre, selon la courbe température – temps normalisée de la norme NF EN 1363-1. Une performance EI45 est obtenue pour cette cloison simple (PV d'essai du CERIB n°023385). Le domaine d'application directe des résultats d'essai est indiqué dans la norme NF EN 1364-1, paragraphe 13 : hauteur de cloison ≤ 300 cm ; épaisseur de maçonnerie ≥ 95 mm ; hauteur des blocs ≤ 150 mm ; pas de limitation de la longueur de la maçonnerie.
Ces résultats d'essai permettent donc de justifier d'une performance EI45 de l'ensemble des cloisons objet de cette ATEx avec raidisseurs et ossature porteuse en béton. L'interface entre la maçonnerie et le cadre béton a été traitée symétriquement, avec de l'extérieur vers l'intérieur du mur les éléments suivants : joint mastic Rubson CF55 sur 2 cm d'épaisseur, bande mousse pré-comprimée TRS PC 15/4-11 faisant office de fond de joint, lame d'air.

D'autres mesures de EI sont en cours ou prévues, notamment pour valider la résistance au feu des cloisons en ossature bois. Se rapprocher de Cycle Terre pour connaître les performances obtenues et les détails de mise en œuvre associés.

1.4. AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE

Deux mesures conformes à la norme NF EN ISO 10140 ont été réalisées au CSTB en décembre 2019 sur des murs BTC de 10 cm et 30 cm d'épaisseur. Elles ont été effectuées sur la bande de fréquence 50 Hz – 3150 Hz, après 54 jours de séchage des murs. A partir de ces mesures, une loi de comportement a été établie par le BET acoustique LASA et des simulations numériques réalisées pour estimer les affaiblissements des différentes cloisons objet de cette ATEx.
Les Rw (C;Ctr) suivants ont ainsi été estimés pour des cloisons non enduites et avec des jonctions périphériques en feuillure, ou munies de cornières ou tasseaux, ou autre système garantissant la bonne étanchéité acoustique[21] :

[21] Les valeurs ci-contre ne tiennent pas compte d'éventuelles transmissions sonores parasites en périphérie de cloison. A titre indicatif, une dégradation de l'indice d'affaiblissement de l'ordre de -5 à -15 dB a pu être constatée en laboratoire, après retrait des systèmes de calfeutrement.

MC

Type de cloison	Rw (C; Ctr) en dB
Cloison simple de 9,5 cm d'épaisseur	44 (-1; -3)
Cloison simple de 15 cm d'épaisseur	47 (-1; -4)
Cloison simple de 31,5 cm d'épaisseur	54 (-2; -6)
Cloison double 9,5 - 2 cm de laine - 9,5	66 (-2; -5)
Cloison double 15 - 2 cm de laine - 9,5	67 (-1; -5)

L'application d'un enduit peut conduire à de meilleures performances d'affaiblissement acoustique, notamment pour les cloisons simples non doublées de 9,5 et 15 cm. L'emploi de raidisseurs béton n'a pas d'influence sur les estimations de Rw (C; Ctr), dans la mesure où l'interface est suffisamment soignée pour ne pas engendrer de transmissions parasites. L'emploi de raidisseurs bois (type chêne) entraîne une diminution de l'ordre de 1dB du Rw sur les cloisons simples et sur les cloisons doubles lorsque les raidisseurs bois ne sont pas alignés. Dans le cas d'une cloison double (15 - 2 - 9,5) avec raidisseurs bois alignés, cette diminution est de l'ordre de 2 dB. Dans le cas d'une cloison double (9,5 - 2 - 9,5) avec raidisseurs bois alignés, cette diminution est de l'ordre de 4 dB. Par ailleurs, un doublage de panneaux de plâtre fixé sur une ossature métallique désolidarisée du mur BTC, avec un isolant acoustique d'épaisseur supérieure à 45 mm, peut permettre d'augmenter le Rw de la paroi de 10 à 20 dB.

En particulier, les cloisons doubles et cloisons en BTC de 9,5 cm ou 15 cm d'épaisseur doublées peuvent convenir pour un usage en séparatif entre logements, sous réserve de la compatibilité des autres parois et d'un dimensionnement adéquat du doublage le cas échéant.

L'attention est attirée sur le traitement des interfaces entre la maçonnerie et les raidisseurs ou murs de nature différentes, ainsi que celle avec les dalles de plafond. En l'absence d'essai en laboratoire sur les transmissions acoustiques latérales à ce stade, une note d'accompagnement présentant quelques principes et guides de conception est proposée par Cycle Terre.

1.5. ISOLATION THERMIQUE

Le BTC n'est pas isolant, sa conductivité thermique est de l'ordre de 0,8 $W(m.K)^{-1}$.
Placé à l'intérieur de l'enveloppe isolée, il apporte de l'inertie thermique au bâtiment, qui se traduit par un amortissement et un déphasage des variations de températures intérieures par rapport aux variations de températures extérieures, et améliore le confort hygrothermique, notamment via un lissage du taux d'humidité de l'air intérieur.

Selon l'épaisseur d'isolant et ses caractéristiques thermiques, le BET Thermique de chaque projet vérifiera la compatibilité de la cloison objet de cette ATEx avec l'emplacement projeté.

2. APPRÉCIATION DE L'APTITUDE À L'EMPLOI

2.1. ESSAIS DE CHOCS DE CORPS MOUS

L'essai est réalisé conformément à la norme NF P 08-301 et au *Guide pour la présentation des éléments du dossier de demande d'Avis Technique relative à un procédé de cloison séparative du CSTB*, version validée le 16 octobre 2018. Un sac sphéroconique de 50 kg est lâché sur le mur à tester avec une hauteur de chute variable, dans l'ordre suivant : 3 fois 120 J, 240 J, 400 J, et 900 J. Le sac est suspendu à un point haut situé dans le plan du mur, de façon à avoir une hauteur de chute de 24 cm (choc de 120 J), 48 cm (choc de 240 J), et 80 cm (choc de 400 J). Un point d'accroche situé à 4,5 m de haut de la base du mur permet de maintenir un angle inférieur à 65° avec la verticale. Le lâcher de sac sans vitesse initiale s'effectue par rupture de la corde de maintien du sac.

Suite aux chocs d'usage (3 chocs de 120 J), aucun désordre apparent n'a été relevé : **Validation des cas A et B.** *N.B.: Le cas A s'applique aux cloisons de logements individuels et parties privatives des logements collectifs ainsi que de bureaux. Le cas B s'applique à tous les autres cas (notamment espaces ouverts au public et parties collectives des immeubles de logements).*

MC

Suite au choc de sécurité (1 choc de 240 J), la cloison n'est ni traversée, ni effondrée, et il n'y a pas de chute de partie de cloison dangereuse pour l'occupant : **Validation des cas A et B.**

Suite au choc de sécurité en surplomb (1 choc de 400J), la cloison n'est ni traversée, ni effondrée, et aucune chute d'éléments ne doit être observée côté opposé au choc : **Validation des cas A et B.**

Une vidéo de synthèse de ces essais est disponible en ligne :

https://www.youtube.com/watch?v=B0Ixpv4gZso&feature=youtu.be

Des photographies et vidéos complémentaires sont disponibles sur demande (contacter Cycle Terre).

Ce mur en maçonnerie BTC format parement non stabilisé et mortier non stabilisé d'épaisseur 9,5 cm est considéré comme défavorable. Aussi, les essais satisfaits sur cette configuration sont considérés comme satisfaits pour :

- une maçonnerie en BTC format standard maçonné en panneresse, d'épaisseur 15 cm ;
- l'ensemble de ces configurations avec mortier stabilisé et BTC non-stabilisés ;
- l'ensemble de ces configurations avec mortier stabilisé et BTC stabilisés.

N.B. : Un choc supplémentaire de 900 J a été réalisé sur cette maçonnerie de 9,5 cm d'épaisseur, de façon à valider une utilisation en remplissage de façade. Suite au choc de sécurité de 900 J, le mur n'est ni traversé, ni effondré, et qu'aucune chute d'éléments n'est observée côté opposé au choc. L'essai a donc été validé.

2.2. ESSAI D'ACCROCHAGE-FIXATIONS

Deux séries d'essais ont été réalisées selon les protocoles de mesure suivants :

- Suspension d'objets lourds en charge excentrée, conformément au protocole décrit dans le cahier 3750 du CSTB (*Source : https://evaluation.cstb.fr/doc/groupe-specialise/cpt/cpt-3750.pdf*). Deux consoles comportant chacune deux points de fixation, distants de 15 cm dans le sens vertical, sont fixées sur la cloison, avec un écartement de 50 cm et à 0,80 m du sol. Sur ces consoles, grâce à une entretoise horizontale et à 30 cm du parement, est appliquée une charge de 50 Kg. La flèche instantanée est mesurée. Ensuite, la charge passe à 100 Kg et reste appliquée pendant 24 heures. Les flèches avant et après 24 heures sont mesurées et les désordres éventuels observés. La charge est ensuite augmentée jusqu'à la ruine.
- Mesures d'arrachement, réalisées grâce à un extractomètre de type Dynatest (16 KN) mis à disposition de l'équipe Cycle Terre par Hilti. La mesure a été répétée 5 fois par couple fixation / support. Les fixations avec scellement chimique ont été montées conformément aux recommandations du fabricant dans la maçonnerie avant d'être testées à l'arrachement. Lors de l'essai, la charge est augmentée de manière continue de telle sorte que la charge de ruine soit atteinte au bout d'environ 1 minute, conformément aux recommandations du guide CISMA dédié (2014).

La maçonnerie support est une maçonnerie de BTC en format parement (315 mm x 95 mm x 95 mm, avec empreintes) et mortier terre Cycle Terre. Le mur mesure 2,6 m de haut et 3,5 m de large. Les moyens de fixation suivants ont été utilisés :

- Suspension d'objets lourds en charge excentrée : Les consoles sont fixées à 0,8 m de haut grâce à 4 vis HUS3 de Hilti (diamètre 8 mm et longueur 85 mm). Le perçage a été fait avec une perceuse (sans percussion) et une mèche de diamètre 8 mm sur une profondeur de 80 mm, ce qui correspond à environ 70 mm de profondeur d'implantation effective des vis. Une rondelle a permis d'assurer le contact entre la console et la tête de vis.
- Mesures d'arrachement : Deux types de fixation ont été utilisés : Vis HUS3 (marque HILTI) et Tiges HIT-V avec résine HY170 (marque HILTI) (à raison de 5 échantillons par types de fixation). Une attention particulière a été apportée à la perpendicularité du forage. Le perçage a été fait avec une mèche de diamètre 8 mm sur une profondeur de 70 mm, ce qui correspond à environ 65 mm de profondeur d'implantation effective des chevilles et vis.

Résultats :

MC

- Suspension d'objets lourds en charge excentrée : Une première charge de 50 kg n'entraîne pas de flèche (inférieur à 1 mm). Après chargement à 100 kg, une flèche instantanée de 1 mm est mesurée, qui reste stable pendant 24h. Après 24h, la console est chargée jusqu'à rupture, obtenue pour 330 kg, avec une rupture du support.
- Mesures d'arrachement : Les ruptures ont eu lieu par glissement, précédé par l'apparition d'une micro-fissure.

Type de fixation	Résultats (kN)					Moyenne (kN)
Vis HUS3	3,4	3,5	3,3	3,1	3,1	3,3
Tiges HIT-V avec résine HY170	5	5,5	4,2	5,2	4,3	4,8

2.3. MESURES DE RETRAIT

La phase de séchage de la maçonnerie BTC est celle pendant laquelle le phénomène de retrait est le plus important. Des mesures ont donc été faites à l'échelle du mur pendant son séchage, de façon à estimer la variation dimensionnelle maximale prévisible pour la maçonnerie BTC.

Deux types de repères ont été positionnés sur le mur : 3 couples de tiges en bois insérées dans les joints de la maçonnerie à la pose et 3 couples de marques gravées dans les BTC, espacées de 2,5 à 4 m. Ces repères sont utilisés pour mesurer la déformation horizontale. Deux campagnes de mesure de distances entre ces repères sont réalisées, au montage et après un mois de séchage. Chaque mesure est prise deux fois, à l'aide d'un mètre (graduation : mm) et d'un laser.

Les mesures sont réalisées sur un mur de BTC de 9,5 cm d'épaisseur, de 2,60 m de haut et de 4,50 m de large.

Le mortier utilisé pour le montage du mur est le mortier Cycle Terre (sans ajout de liants). L'échantillon n'a pas été déplacé entre son montage et la réalisation des mesures. Il a séché à l'air libre, abrité, pendant environ 1 mois.

Résultats

Mesures	Au montage (mm)	Après séchage (mm)	Déformation (mm/m)
Tiges 1	3745	3743	0,5
Tiges 2	3424	3421	0,9
Tiges 3	4043	4041	0,5
Marques 1	3392	3390	0,6
Marques 2	3429	3427	0,6
Marques 3	2538	2536	0,8

La moyenne des déformations horizontales liées au retrait est de 0,6 mm/m.

MC

2.4. ESSAIS D'ARRACHEMENT D'ENDUITS

Des essais de cisaillement ont été réalisés sur les enduits Cycle Terre appliqués sur support BTC. Les charges à la rupture sont très supérieures à 2 kg et ont été appliquées pour une durée supérieure à 30 secondes, dépassant donc les seuils exigés dans le cadre des Règles Professionnelles validées par l'AQC (*Règles professionnelles, Enduits sur supports composés de terre crue*, Réseau Écobâtir, éditions Le Moniteur, Paris, septembre 2013).

2.5 ESSAIS DE CHOCS DURS

Des essais de chocs durs seront réalisés selon le *Guide pour la présentation des éléments du dossier de demande d'Avis Technique relative à un procédé de cloison séparative du CSTB*, version validée le 16 octobre 2018, c'est-à-dire par réalisation de 3 chocs par point d'impact à l'aide d'une bille D0,5 conforme à la NF P 08-301 (bille de 500g). L'énergie de choc associée est de 2,5 J, correspondant à une hauteur de chute de 50cm. La mesure est réalisée en 3 points d'impact distincts (soit 9 chocs au total).
L'usage en cloison séparative est validé si le diamètre d'empreinte de la bille dans la maçonnerie est inférieur ou égal à 20 mm.

Se rapprocher de Cycle Terre pour accéder au résultat de l'essai.

2.6. DURABILITÉ

Concernant les interventions relatives à l'entretien de la cloison, se reporter au paragraphe A.5.5. "Entretien". En particulier, les cloisons objet de cette ATEx ne seront pas soumises à des projections d'eau en partie courante en utilisation usuelle. Par ailleurs, en pied de cloison, il est possible d'utiliser des BTC stabilisés (résistance renforcée à l'humidité).

MC